

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y
AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA
AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE “EL PORVENIR” EN
EL PROYECTO RÍO SANTIAGO, EMPRESA NACIONAL MINERA

GABRIELA ELIZABETH LUCERO ROBLES

Quito, julio, 2014

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y
AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA
AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE “EL PORVENIR” EN
EL PROYECTO RÍO SANTIAGO, EMPRESA NACIONAL MINERA

Proyecto del Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el
Título de Ingeniera de Minas

GABRIELA ELIZABETH LUCERO ROBLES

TUTOR:
ING. ADÁN GUZMÁN

Quito, julio, 2014

Dedicatoria

Con todo mi cariño dedico este trabajo a Dios, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida, por estar siempre presente siendo mi fortaleza en momentos difíciles.

A mis padres, quienes me han acompañado incondicionalmente, han velado por mí durante este arduo camino para alcanzar mis sueños, sus consejos y motivación han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mi familia en general, que me han brindado su apoyo y colocaron su fe en mí, así como a los ángeles que me custodian.

Agradecimientos

Agradezco a la Empresa Nacional Minera ENAMI E.P. por el apoyo brindado para el desarrollo del presente trabajo.

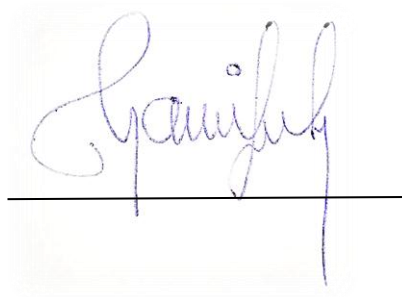
A la prestigiosa Escuela de Minas por las enseñanzas y experiencia aportada durante los años de estudio, por parte de los catedráticos que la conforman y de manera especial a mi tutor de tesis, Ing. Adán Guzmán.

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR

Yo, GABRIELA ELIZABETH LUCERO ROBLES, en calidad de autora de la tesis realizada sobre: “OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE “EL PORVENIR” EN EL PROYECTO RÍO SANTIAGO, EMPRESA NACIONAL MINERA”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, a 07 de julio del 2014



FIRMA

C.C. 150060442-4

INFORME DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor de Grado, presentado por la señorita **GABRIELA ELIZABETH LUCERO ROBLES** para optar el Título o Grado de **INGENIERA DE MINAS** cuyo título es “Optimización de los Procesos de Extracción de Grava Aurífera y Proceso de Lavado del Frente “El Porvenir” en el Proyecto Río Santiago, Empresa Nacional Minera“, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe

En la ciudad de Quito a los 07 días del mes de julio del 20124



Ing. Adán Guzmán García

TUTOR DE TESIS

INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal constituido por: Ing. Adán Guzmán, Gerardo Herrera, Ing. Carlos Ortiz. **DECLARAN:** Que la presente tesis denominada: **“Optimización de los Procesos de Extracción de Grava Aurífera y Proceso de Lavado del Frente “El Porvenir” en el Proyecto Río Santiago, Empresa Nacional Minera”**, ha sido elaborada íntegramente por la señorita Gabriela Elizabeth Lucero Robles, egresada de la Carrera de Ingeniería de Minas, ha sido revisada y verificada, dando fe de la originalidad del presente trabajo.

Ha emitido el siguiente veredicto: Se ha aprobado el Proyecto de Tesis para su Defensa Oral.

En la ciudad de Quito a los 07 días del mes de julio del 2014



Ing. Adán Guzmán García
TUTOR DE TESIS



Ing. Gerardo Herrera
ASESOR DE TESIS



Ing. Carlos Ortiz
ASESOR DE TESIS

CONTENIDO	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Definición del problema.....	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo general	1
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Justificación e Importancia.....	2
1.4 Hipótesis.....	2
1.5 Factibilidad del Estudio	3
1.6 Acceso a la información	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Marco Institucional.....	4
2.2 Marco Legal	5
2.3 Marco Ético	12
2.4 Marco Referencial	13
2.4.1 Antecedentes	13
2.4.2 Ubicación del proyecto	15
2.4.3 Vías de acceso y comunicación.....	16
2.4.4 Topografía y relieve de la región.....	16
2.4.5 Clima, flora y fauna de la región	17
2.4.5.1 Clima	17
2.4.5.2 Flora	18
2.4.5.3 Fauna	19
2.4.6 Aspectos socio – económicos de la población	20
CAPÍTULO III	23
3. DISEÑO METODOLÓGICO	23
3.1 Tipo de Estudio.....	23
3.2 Universo	23
3.3 Muestra.....	23

3.4	Técnicas	23
3.4.1	Ensayos de laboratorio	24
3.4.1.1	Difracción de rayos X	25
3.4.1.2	Ensayo al fuego.....	27
3.4.1.3	Platino en líquidos.....	28
3.4.2	Muestreo en campo.....	29
3.4.2.1.	Análisis de cabeza, colas y concentrados	29
CAPÍTULO IV		33
4.	GEOLOGÍA	33
4.1.	Geología Regional	33
4.1.1.	Estratigrafía	33
4.2.	Geología Local	36
4.3.	Geología del yacimiento	39
4.4.	Mineralización.....	43
4.4.1.	Caracterización del oro	45
4.4.1.1.	Clasificación Granulométrica del Oro	46
4.5.	Exploración Minera del frente “El Porvenir”	48
4.5.1.	Método de “La Malla”	48
4.5.1.1.	Redes Cuadradas y Rectangulares	48
4.5.1.2.	Red Triangular	49
4.5.2.	Cateos mecánicos mediante pozos exploratorios EVA	49
4.5.2.1.	Columnas Estratigráficas de los cateos.....	51
4.5.3.	Evaluación de Reservas	56
4.5.3.1.	Cálculo por la metodología del Inverso Cuadrado de la Distancia	56
CAPÍTULO V		65
5.	MINERÍA.....	65
5.1	Características técnicas del depósito aluvial	65
5.2	Sistema de explotación	66
5.2.1	Coeficiente de destape.....	67
5.3	Método de explotación.....	68
5.3.1.	Preparación de bloques para su extracción	69

5.3.1.1	Desbroce de la vegetación	70
5.3.1.2	Destape del frente de trabajo	71
5.3.2	Explotación Minera	72
5.3.2.1.	Extracción de la Grava Aurífera.....	72
5.3.3	Rehabilitación de áreas explotadas	76
5.4	Maquinaria y equipos.....	78
5.5	Inversión en Maquinaria y Equipos	79
5.5.1.	Maquinaria Minera	79
5.5.1.1.	Capacidades del cucharón.....	80
5.5.1.1.1.	Coeficiente de Esponjamiento.....	80
5.5.1.2.	Eficiencia en el trabajo	81
5.5.1.3.	Disponibilidad Mecánica	82
5.5.1.4.	Costos de Posesión	82
5.5.1.5.	Costos de Operación	84
5.5.2.	Excavadora KOMATSU Pc 200 – Lc8.....	90
5.5.3	Tractor de cadenas KOMATSU D65 – EX.....	94
CAPÍTULO VI		99
6	PROCESAMIENTO DE LA GRAVA AURÍFERA	99
6.1	ALASKA 100	100
6.1.1.	Tolva Zaranda vibratoria.....	100
6.1.2.	Trommel de Lavado.....	100
6.1.3.	Diagrama de Flujo – Planta de Lavado ALASKA 100	101
6.2	Planta de lavado MPP 100	103
6.2.1.	Tolva y Criba vibratoria	104
6.2.1	Low - G.....	106
6.3.	Calibración	108
6.4	Diagrama de Flujo – Planta de Lavado MPP 100	110
6.5	Tratamiento de concentrados.....	112
6.6	Diagrama de Flujo – Tratamiento de Concentrados Auríferos	112
6.6.1	Concentrador Espiral Helicoidal	114
6.6.2	Fundición	115
6.6.3	Estimación de reducción o merma del oro libre al ser fundido.....	118

6.6.4	Pureza del oro.....	119
6.6.4.1	Cálculo del Oro Fino	122
6.6.5	Razón de Concentración	123
6.6.6	Recuperación.....	124
6.6	Costos de posesión y operación.....	124
6.6.1	Planta Móvil de Lavado MPP 100.....	124
6.7	Rendimiento	127
CAPÍTULO VII.....		129
7.	PROCESAMIENTO DE DATOS	129
7.1	Correlación.....	129
7.1.1	Precio del oro.....	129
7.1.2	Consumo de Combustible	131
7.1.3	Egresos.....	132
7.1.3.1	Personal	132
7.1.3.2	Costos Unitarios.....	134
7.1.4	Ingresos	135
7.2	Análisis Económico - Financiero	136
7.2.1	Inversión a la fecha y Planes de Inversión	136
7.2.2	Flujo de caja	137
7.2.2.1	Valor Actual Neto (VAN)	138
7.2.2.2	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	139
7.2.2.3	Razón Costo / Beneficio (B/C)	140
7.3	Resultados	141
7.3.1	Evaluación Económica.....	141
CAPÍTULO VIII.....		143
8	OPTIMIZACIÓN	143
8.1	Método de Explotación Aluvial.....	143
8.1.1	Sistema empleado: volumen del cucharón 0,80 m ³	143
8.1.2	Sistema propuesto: volumen del cucharón 1,05 m ³	145
8.1.3	Modelo de Regresión Lineal	147
8.2	Sistema de Lavado y Recuperación de oro	149
8.2.1.1	Sistema conjunto: ALASKA 100 – MPP 100	151

8.2.1.2	Costos operativos	152
8.2.1.2.1	ALASKA 100.....	152
8.2.1.3	Interpretación de Resultados.....	155
8.2.1.4	Ley Crítica	157
8.2.2	Diagrama de Flujo del Sistema de Lavado ALASKA – MPP 100	158
CAPÍTULO IX		160
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	160
9.1	Conclusiones	160
9.2	Recomendaciones	161
CAPÍTULO X		163
10	BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	163
10.1	Bibliografía.....	163
10.2	Webgrafía.....	164
10.3	Anexos	165

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Anuario Meteorológico INAMHI 2010.....	17
Ilustración 2: Histograma de distribución temporal de precipitación 2010	18
Ilustración 3: Distribución temporal de temperatura 2010	18
Ilustración 4: Nicho Trófico	20
Ilustración 5: Gráfico de contenido mineralógico	26
Ilustración 6: Gasterópodos y Lamelibranquios – Fm. Angostura.....	35
Ilustración 7: Génesis del oro aluvial del Distrito No. 1 Esmeraldas - Santiago .	43
Ilustración 8: Tamices utilizados para el ensayo granulométrico.....	47
Ilustración 9: Gráfico que representa la tendencia por tamaño del oro libre	47
Ilustración 10: Método de la Malla con redes cuadradas.....	48
Ilustración 11: Teoría del Método del Inverso Cuadrado de la distancia	56
Ilustración 12: Procedimiento de Minado	66
Ilustración 13: Proceso secuencial de recirculación de agua	69
Ilustración 14: Esquema de labores de desbroce	71
Ilustración 15: Esquema de labores de destape de sobrecarga	72
Ilustración 16: Esquema de extracción de la grava aurífera.....	73
Ilustración 17: Factores de estabilización de taludes	76
Ilustración 18: Croquis de áreas reconvertidas en el Proyecto Río Santiago	78
Ilustración 19: Factores de influencia en la selección de maquinaria minera	79
Ilustración 20: Clasificación según la capacidad de cucharones de excavadoras .	80
Ilustración 21: Factor de llenado del cucharón.....	80
Ilustración 22: Relación Uso de maquinaria & Costo de posesión	82
Ilustración 23: Relación Uso de maquinaria & Costo de operación.....	84
Ilustración 24: Efectos ante el exceso de carga en la maquinaria	85
Ilustración 25: Excavación escalonada	85
Ilustración 26: Ángulo de giro.....	85
Ilustración 27: Velocidad de traslación de excavadora.....	86
Ilustración 28: Componentes de la planta de lavado MPP 100.....	104
Ilustración 29: Proceso de descarga de concentrados de los Low-G.....	107
Ilustración 30: Diagrama de flujo - Lavado y clasificación MPP 100.....	111
Ilustración 31: Diagrama de Flujo – Tratamiento de reconcentración aurífera ..	113
Ilustración 32: Gráfico de reducción del oro por fundición	118
Ilustración 33: Balanza de densidad, modelo PCE-DB 600.....	119
Ilustración 34: Oro fino total de la producción del frente El Porvenir	123
Ilustración 35: Evolución del precio del oro, según Portfolio Personal	130
Ilustración 36: Histograma del precio de la onza troy de oro, 2010 -2014.....	131
Ilustración 37: Histograma de consumo y precio del combustible	132
Ilustración 38: Regresión Lineal Simple en función del tiempo	149
Ilustración 39: Esquema del sistema conjunto Alaska y MPP 100	150
Ilustración 40: Diagrama de Flujo del sistema optimizado de lavado y clasificación de la grava aurífera	159

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Laboratorio de Difracción de Rayos X	25
Fotografía 2: Ensayo al Fuego - Copelación	27
Fotografía 3: Laboratorio de Química Analítica	28
Fotografía 4: Estratigrafía Local.....	38
Fotografía 5: Identificación de los componentes del bloque explotado	40
Fotografía 6: Identificación de Terrazas	42
Fotografía 7: Lavado y concentrado gravimétrico de muestras	49
Fotografía 8: Conformación de la escombrera de material orgánico y suelo.....	68
Fotografía 9: Sistema de recirculación de agua.....	69
Fotografía 10: Desbroce	70
Fotografía 11: Destape	71
Fotografía 12: Arranque de la grava aurífera	72
Fotografía 13: Seguimiento a la reconfiguración de los frentes explotados	77
Fotografía 14: Planta de lavado Alaska 100.....	100
Fotografía 15: Planta de Lavado MPP 100	104
Fotografía 16: Tolva y criba vibratorias con sistema de chisperos y chorrero....	105
Fotografía 17: Vista interna del Low-G.....	106
Fotografía 18: Descarga de concentrados	108
Fotografía 19: Tacómetros del motor de combustión interna y Low-G	109
Fotografía 20: Laboratorio de Oro.....	112
Fotografía 21: Concentrador Helicoidal - Finisher.....	114
Fotografía 22: Secado y separación del oro libre	115
Fotografía 23: Horno eléctrico de fundición	115
Fotografía 24: Preparación de las lingoteras con polvo de grafito	116
Fotografía 25: Preparación con el reactivo de fundición "Flux"	116
Fotografía 26: Vaciado del oro fundido	116
Fotografía 27: Enfriamiento del lingote.....	117
Fotografía 28: Limpieza del lingote.....	117

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Concesiones del proyecto Río Santiago	14
Mapa 2: Ubicación de la concesión Río Santiago y vías de acceso	16
Mapa 3: Croquis tecto-metalogénico 1:1'000.00 (1993).....	45
Mapa 4: Triangulación y cálculo de reservas	63
Mapa 5: Anomalía y tenores de oro.....	64
Mapa 6: Superficie de intervención "El Porvenir".....	70
Mapa 7: Dirección de Arranque	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM de los vértices de la concesión Río Santiago	15
Tabla 2: Coordenadas de las calicatas EVA, en "El Porvenir"	24
Tabla 3: Resultado del análisis por Difracción de Rayos X.....	26
Tabla 4: Cuadro de resultados del Ensayo al Fuego	28
Tabla 5: Muestreo de Ley de Cabeza - Corte 1	30
Tabla 6: Muestreo de Ley de Cabeza - Corte 2.....	30
Tabla 7: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 3.....	30
Tabla 8: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 4.....	31
Tabla 9: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 5.....	31
Tabla 10: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 6.....	31
Tabla 11: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 7.....	31
Tabla 12: Muestreo de Colas de la descarga del Concentrador Helicoidal.....	32
Tabla 13: Ley de concentrados.....	32
Tabla 14: Cuadro de clasificación del oro aluvial en Exploración.....	46
Tabla 15: Resultados de ensayos granulométricos realizados en los frentes mineros asociados a la ENAMI EP.....	46
Tabla 16: Cuadro resumen del porcentaje retenido en el ensayo granulométrico.	48
Tabla 17: Resultados de las calicatas en "El Porvenir"	50
Tabla 18: Cuadro de Producción y Reservas en el frente El Porvenir	73
Tabla 19: Factores mínimos de seguridad.....	76
Tabla 20: Coeficiente de esponjamiento según el tipo de suelo.....	81
Tabla 21: Factor de eficiencia de operación diurna - nocturna	81
Tabla 22: Adquisición de combustible para el Proyecto Río Santiago, año 2013	85
Tabla 23: Valoración de impacto según el tipo de superficie	87
Tabla 24: Valoración de la Abrasión según el tipo de material	87
Tabla 25: Factores básicos del Tren de rodaje	88
Tabla 26: Producción del frente "El Porvenir"	118
Tabla 27: Cálculo del oro fino - Banco Central del Ecuador	122
Tabla 28: Consumo y precio del combustible del Proyecto Río Santiago	131
Tabla 29: Cuadro de gastos en personal del Proyecto Río Santiago	133
Tabla 30: Cálculo de los costos unitarios.....	134
Tabla 31: Egresos realizados en el frente "El Porvenir"	134
Tabla 32: Cálculo de los ingresos por producción del frente "El Porvenir"	135
Tabla 33 Inversiones anuales del Proyecto Río Santiago	137
Tabla 34: Flujo de Caja del Proyecto Río Santiago.....	137
Tabla 35: Interpretación del Valor Actual Neto	139
Tabla 36: Indicadores de TIR, VAN y otros	141
Tabla 37: Producción en función del volumen del cucharón	146
Tabla 38: Producción mensual de la grava aurífera procesada	148
Tabla 39: Producción real del sistema de lavado propuesto	155
Tabla 40: Ingresos por venta de oro.....	156
Tabla 41: Egresos con el sistema ALASKA - MPP 100.....	157

LISTADO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ARCH: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero

ARCOM: Agencia de Regulación y Control Minero

DEMEX: Departamento de Metalurgia Extractiva

DGMM: Dirección General de Geología y Minas

ENAMI E.P.: Empresa Nacional Minera Empresa Pública

EPN: Escuela Politécnica Nacional

HP: Horsepower – Caballo de fuerza

IESS: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

INIGEMM: Instituto Nacional de Investigación Geológico, Minero, Metalúrgico

INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada

MAE: Ministerio del Ambiente - Ecuador

MGA: Metodología General Ajustada

MPP: Mobil Placer Plant – Planta Móvil para Placeres

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana

qt: Quilate – Término que se utiliza para describir el frado de pureza de los metales preciosos, equivalente a 0,2 gramos.

RPM: Revoluciones por minuto

TIR: Tasa Interna de Retorno

VAN: Valor Actual Neto

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y
AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA
AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE “EL PORVENIR” EN
EL PROYECTO RÍO SANTIAGO, EMPRESA NACIONAL MINERA

Autora: Gabriela Elizabeth Lucero Robles

Tutor: Ing. Adán Guzmán

Julio, 2014

RESUMEN

Tesis sobre: “Optimización de los procesos de extracción de grava aurífera y proceso de lavado del frente *El Porvenir* en el Proyecto Río Santiago, ENAMI EP”. **OBJETIVO GENERAL:** Aportar con trabajos de investigación en laboratorio y campo, para optimizar y calibrar el proceso de extracción y lavado de grava aurífera. **PROBLEMA:** pérdidas de oro durante el proceso de lavado. **HIPÓTESIS:** ¿calibrar o modificar el sistema de lavado, optimizará la recuperación de oro en el frente de explotación? **MARCO TEÓRICO:** Antecedentes, ubicación, vías de acceso y comunicación, topografía, clima, flora y fauna, aspectos socio-económicos, geología regional, geología local, geología del yacimiento, mineralización, estimación de reservas, características técnicas de la mina, sistema de explotación, maquinaria y equipos, costos de posesión y operación, método de clasificación y lavado de la grava aurífera, tratamiento de concentrados, calibración de la planta de lavado, optimización de la metodología de explotación aluvial y sistema de lavado – recuperación de oro. **MARCO REFERENCIAL:** El frente “El Porvenir” se ubica al Norte de la provincia de Esmeraldas, localizado en el sistema de mineralización del Distrito Costanero No.1: Esmeraldas-Santiago. **MARCO METODOLÓGICO:** recopilación minero-geológica, ensayos de laboratorio, muestreo en campo, procesamiento de datos, optimización. **CONCLUSIÓN GENERAL:** En el frente “El Porvenir” se propone un sistema de lavado y tratamiento de la grava aurífera que recupera mayor cantidad de oro. **RECOMENDACIÓN GENERAL:** Previo a la explotación, se debe considerar el realizar ensayos preliminares minero-metalúrgicos para establecer un sistema de lavado óptimo.

DESCRIPTORES:

PLACERES ALUVIALES

ORO

EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO

LAVADO Y TRATAMIENTO DE GRAVA AURÍFERA

ENAMI EP

CATEGORÍAS TEMÁTICAS: <EXPLOTACIÓN> <MAQUINARIA MINERA> <OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MINEROS>

Thesis on: "Process optimization of gold mining and gravel washing process of the front *El Porvenir* in the Santiago River Project, ENAMI EP". **GENERAL OBJECTIVE:** To contribute to research in laboratory and field to optimize and calibrate the extraction and washing gold gravels. **PROBLEM:** Gold losses during the washing process. **HYPOTHESIS:** ¿calibrate or modify the washing system, optimize the recovery of gold in the front of exploitation? **THEORETICAL FRAMEWORK:** History , location and communication paths , topography, climate , flora and fauna , socio- economic, regional geology, local geology, reservoir geology, mineralization, reserve estimation, mine technical features, system farm machinery and equipment owning and operating costs, and classification method of washing gold gravels, concentrate treatment, calibrating the washing plant, optimization methodology alluvial mining and washing system - gold recovery. **REFERENCE FRAMEWORK:** The front "*El Porvenir*" is located in the North of the province of Esmeraldas, it's located in the mineralizing coast system District No.1: Esmeraldas - Santiago. **METHODOLOGICAL FRAMEWORK:** mining - geological compilation, laboratory testing, field sampling, data processing, optimization. **GENERAL CONCLUSION:** On the front "*El Porvenir*" a washing system and treatment of auriferous gravel gets most gold is proposed. **GENERAL RECOMMENDATION:** Previous to the operation, consider the mining-metallurgical perform preliminary tests to establish a system for optimum washing.

WORDS:

PLEASURES FLOOD

GOLD

OPEN PIT EXPLOITATION

WASH AND TREATMENT OF GRAVEL GOLD

ENAMI EP

SUBJECT CATEGORIES: <EXPLOITATION> <MINING MACHINERY>
<MINING PROCESS OPTIMIZATION>

INTRODUCCIÓN

Los Placeres Auríferos son depósitos secundarios, formados por concentración mecánica de ciertos minerales tras la erosión de los yacimientos primarios. Los minerales han sido removidos de su lugar de origen y aparece asociado a otros materiales diferentes a los que componían la roca madre. El caso más conocido es el de la acumulación de "pepitas" de oro en arenas auríferas de ríos.

Para el análisis de los recursos presentes en las terrazas auríferas del Proyecto Río Santiago se realizó Exploración Avanzada, mediante calicatas en el frente “El Porvenir” dentro de la concesión Río Santiago de la ENAMI EP, provincia de Esmeraldas, cantón Eloy Alfaro, parroquia Selva Alegre.

La grava aurífera, durante el proceso de extracción es acumulado en stocks de material y alimentado a la tolva de recepción de la planta MPP 100 para ser lavado y clasificado a un tamaño menor que $\frac{1}{2}$ ”, dicho material pasa a los dos concentradores centrífugos horizontales Low-G, obteniéndose un concentrado primario del material aurífero, que pasa a ser reconcentrado en el laboratorio mediante el empleo del concentrador gravimétrico helicoidal o Finisher, hasta alcanzar un concentrado secundario que finalmente se seca y por medio de un proceso de separación magnética obtener oro libre para su posterior fundición y comercialización con el Banco Central del Ecuador.

Para obtener una máxima recuperación de oro libre durante el proceso de lavado y clasificación de la grava, se han ejecutado investigaciones de campo y en laboratorio, estableciendo de esta manera, las características geológicas – mineras de la grava aurífera y la posibilidad de optimizar el sistema de recuperación de oro libre del frente El Porvenir.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Definición del problema

En todo proceso metalúrgico por el método hidrometalúrgico con la utilización de un agente natural (agua) se hace necesario la aplicación de parámetros técnicos para obtener una máxima recuperación del oro libre en las gravas auríferas, los mismos que fueron depositados fruto de la erosión de depósitos primarios de origen hidrotermal y/o vetiforme.

Metodología que conlleva a establecer los cálculos de rendimiento y eficiencia de extracción aurífera en la planta de lavado, estableciendo factores de calibración o modificando el sistema de lavado para la recuperación de oro libre.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

En base a los conocimientos técnicos adquiridos; aportar para realizar trabajos de investigación, tanto de laboratorio como de campo para implementarlos en la planta de lavado, con el objeto de optimizar y calibrar el equipo de lavado y recuperación de oro libre. Esto se lo hará con la guía de los profesionales de la empresa.

La planta de lavado que es de recuperación de oro libre está instalada en el frente de explotación “El Porvenir” en el proyecto Río Santiago, zona Oeste.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características geológicas - mineras de la grava aurífera y las propiedades del oro presente en el depósito.
- Calcular el balance y rendimiento de la planta de lavado y recuperación de oro.
- Recomendar la variación de los parámetros de funcionamiento que rigen al sistema de lavado.

1.3 Justificación e Importancia

La concesión minera Río Santiago adjudicado a la Empresa Nacional Minera ENAMI EP, empleará el método de explotación a cielo abierto en placeres auríferos de poca potencia, para la extracción del oro libre presente en las gravas auríferas. Se aplicará el método hidrometalúrgico por gravimetría, para lo cual se empleará un equipo que de acuerdo al mercado se la denomina planta de lavado tipo MPP 100.

El innovador diseño permitirá establecer las condiciones óptimas para la recuperación del oro según sus características específicas, planificando los trabajos de alimentación a la tolva de recepción y clasificación, además del caudal de agua para el lavado de gravas.

El presente estudio compara la variante de recuperación aurífera actual con una propuesta sistematizada, que como resultado establecerá las óptimas condiciones de lavado en función de los costos y tiempos de trabajo, aplicable para el frente “El Porvenir” en la zona Oeste del proyecto Río Santiago, elevando de esta forma el rendimiento del mencionado equipo de lavado.

1.4 Hipótesis

¿Al calibrar la planta de lavado o modificar el sistema de lavado, se optimizará la recuperación de oro en el frente de explotación conocido con el nombre “El Porvenir”, Selva Alegre?

1.5 Factibilidad del Estudio

El presente estudio es factible porque se cuenta con el talento humano para proponer un modelo práctico que permitirá solucionar los problemas detectados en la planta de lavado y sustentados en una base teórica. Así como también de las facilidades operativas y técnicas ingenieriles, conjuntamente con los recursos económicos indispensables para su ejecución provista por la ENAMI EP, en los que se incluye el reconocimiento del frente de explotación, la generación de la información necesaria y los ensayos requeridos.

La ejecución del presente estudio será de cinco meses, periodo: (junio – octubre 2013).

1.6 Acceso a la información

La Empresa Nacional Minera ENAMI EP, posee amplia información geológica – minera del proyecto Río Santiago, misma que será proporcionada a la estudiante investigadora para el desarrollo del presente estudio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Institucional

El gran potencial minero del Ecuador representa la oportunidad ideal para impulsar el desarrollo de una industria tecnificada, moderna y responsable, y que garantice reales beneficios socio- ambiental y fiscales.

Entre los entes estratégicos para el desarrollo de la minería en el Ecuador, se encuentran:

Ministerio de Recursos Naturales No Renovables (MRNNR): cumple la función de garantizar la explotación sustentable y soberana de los recursos naturales no renovables, formulando y controlando la aplicación de políticas, investigando y desarrollando los sectores, hidrocarburífero y minero.

Empresa Nacional Minera (ENAMI EP): es una empresa pública, cuya finalidad es el aprovechamiento de los minerales de manera responsable, tomando todas las precauciones en lo referente a la seguridad y al medio ambiente.

Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM): es la encargada de regular y controlar a los titulares y beneficiarios de derechos mineros en el aprovechamiento racional, técnico, socialmente responsable y ambientalmente sustentable de los recursos naturales no renovables, enmarcados en normativa legal y ambiental vigente.

Ministerio del Ambiente (MAE): ejercer de forma eficaz y eficiente la rectoría de la gestión ambiental, garantizando una relación armónica entre los ejes económicos, social, y ambiental que asegure el manejo sostenible de los recursos naturales estratégicos.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR): garantiza la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o

antrópico, mediante la generación de políticas, estrategias y normas que promuevan capacidades orientadas a identificar, analizar, prevenir y mitigar riesgos para enfrentar y manejar eventos de desastre; así como para recuperar y reconstruir las condiciones sociales, económicas y ambientales afectadas por eventuales emergencias o desastres.

Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD): de los cantones San Lorenzo y Eloy Alfaro, son instituciones descentralizadas que gozan de autonomía política, administrativa y financiera, y están regidos por los principios de solidaridad, subsidiariedad, equidad, interterritorial, integración y participación ciudadana.

2.2 Marco Legal

La Constitución de la República del Ecuador, es la norma suprema del Ecuador, por lo que es indispensable empezar exponiendo los artículos a continuación:

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Título VI: RÉGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo quinto: Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas

Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 315.- El Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas.

Las empresas públicas estarán bajo la regulación y el control específico de los organismos pertinentes, de acuerdo con la ley; funcionarán como sociedades de derecho público, con personalidad jurídica, autonomía financiera, económica, administrativa y de gestión, con altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales.

Los excedentes podrán destinarse a la inversión y reinversión en las mismas empresas o sus subsidiarias, relacionadas o asociadas, de carácter público, en niveles que garanticen su desarrollo. Los excedentes que no fueran invertidos o reinvertidos se transferirán al Presupuesto General del Estado.

La ley definirá la participación de las empresas públicas en empresas mixtas en las que el Estado siempre tendrá la mayoría accionaria, para la participación en la gestión de los sectores estratégicos y la prestación de los servicios públicos.

Título VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo segundo, Sección cuarta: Recursos Naturales

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, substancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.

El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota.

El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad.

LEY ORGÁNICA DE EMPRESAS PÚBLICAS

Título II: DE LA DEFINICION Y CONSTITUCION DE LAS EMPRESAS PUBLICAS

Art. 4.- DEFINICIONES.- Las empresas públicas son entidades que pertenecen al Estado en los términos que establece la Constitución de la República, personas jurídicas de derecho público, con patrimonio propio, dotadas de autonomía presupuestaria, financiera, económica, administrativa y de gestión. Estarán destinadas a la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y en general al desarrollo de actividades económicas que corresponden al Estado.

El presidente constitucional de la República del Ecuador, Econ. Rafael Correa presenta el Decreto Ejecutivo No. 203. RO/ 108 de 14 de Enero de 2010, expresando lo siguiente:

“Créase la Empresa Nacional Minera, ENAMI E.P., como una sociedad de derecho público con personalidad jurídica, patrimonio propio, dotada de autonomía presupuestaria, financiera, económica, administrativa y de gestión, con domicilio principal el cantón Quito, provincia de Pichincha”.

Art. 2.- El objeto principal de la Empresa Nacional Minera ENAMI E.P., es la gestión del sector estratégico de los recursos naturales no renovables en la actividad minera para su aprovechamiento sustentable, conforme a la

Ley de Minería, la cual intervendrá en todas las fases de la actividad bajo condiciones de preservación ambiental y de respeto de los derechos de los pueblos.

LEY DE MINERÍA

Título I: DISPOSICIONES FUNDAMENTALES

Capítulo II: De la formulación, ejecución y administración de la política minera

Art. 12.- Empresa Nacional Minera.- Es una sociedad de derecho público con personalidad jurídica, patrimonio propio, dotada de autonomía presupuestaria, financiera, económica y administrativa, destinada a la gestión de la actividad minera para el aprovechamiento sustentable de los recursos materia de la presente ley, en observancia a las disposiciones de la misma y sus reglamentos.

Título II: DE LOS DERECHOS MINEROS

Capítulo II: De la concesión minera

Art. 30.- Concesiones mineras.- El Estado podrá excepcionalmente delegar la participación en el sector minero a través de las concesiones. La concesión minera es un acto administrativo que otorga un título minero, sobre el cual el titular tiene un derecho personal, que es transferible previa la calificación obligatoria de la idoneidad del cesionario de los derechos mineros por parte del Ministerio Sectorial, y sobre éste se podrán establecer prendas, cesiones en garantía y otras garantías previstas en las leyes, de acuerdo con las prescripciones y requisitos contemplados en la presente ley y su reglamento general.

La inscripción de la transferencia del título minero será autorizada por la Agencia de Regulación y Control Minero una vez que reciba la comunicación de parte del concesionario informando la cesión de sus derechos mineros, de acuerdo al procedimiento y los requisitos establecidos en el reglamento general de esta ley. Dicho acto se perfeccionará con la inscripción en el Registro Minero previo el pago de

un derecho de registro que corresponderá al uno por ciento del valor de la transacción.

El Estado, con los informes legales correspondientes autorizará la transferencia del título minero por lo menos luego de transcurridos dos años de su otorgamiento.

Se consideran accesorios a la concesión las construcciones, instalaciones y demás objetos afectados permanentemente a la investigación y extracción de minerales, así como también a su beneficio.

El domicilio tributario y societario de los titulares de derechos mineros será la región donde se encuentre la concesión minera, la mayor superficie de la suma de ellas en el caso de concesionarios con títulos mineros en distintas provincias o el principal proyecto de explotación o industrialización. Esta obligación deberá acreditarse al momento de solicitar el otorgamiento de una concesión minera y no podrá modificarse sin una autorización expresa de la Agencia de Regulación y Control Minero.

REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE MINERÍA

Título VII: DE LOS INTERVENTORES, INFORMES SEMESTRALES Y AUDITORES

Capítulo II: De los informes semestrales de producción

Art. 72.- Informe semestral de producción.- El informe semestral de producción se efectuará a través del formulario que la Agencia de Regulación y Control Minero expedirá mediante resolución. Dicho formulario deberá contener como requisitos mínimos lo siguiente:

- a) Volúmenes de producción y ley de corte, factor de concentración, secuencial y total, y más aspectos técnicos que se consideren necesarios;
- b) Labores mineras actualizadas;

- c) Topografía de galerías actualizada;
- d) Costos incurridos, tanto directos como indirectos;
- e) Los avances y cumplimientos de los programas de planes de inversiones anuales aprobados por el Ministerio Sectorial, en el que se incluya la certificación sobre el estado de las construcciones, instalaciones, y montajes mineros que deberán tener las características, dimensiones y calidades señaladas en los planes de inversión anuales;
- f) Descripción de la construcción de obras, adquisición de maquinarias y equipos mineros, incluyendo vías de acceso y facilidades para la explotación;
- g) Plan de manejo ambiental y de remediación en curso de los daños ambientales por las labores de exploración y explotación, en caso de presentarse, sin perjuicio de que esta información conste en los requerimientos del Ministerio del Ambiente;
- h) Informe sobre el cumplimiento de los reglamentos de seguridad ocupacional y trabajo y de los accidentes de trabajo ocurridos;
- i) Informe económico que determine el monto de las ventas efectuadas y pago de regalías; y,
- j) Informes técnicos respecto de cualquier accidente de trabajo que hubiere sufrido su personal, detallando las causas, consecuencias y medidas correctivas adoptadas por el concesionario.

MANDATO MINERO CONSTITUYENTE No. 6

Art. 11.- El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Petróleos constituirá la Empresa Nacional Minera, la cual intervendrá en todas las fases de la actividad bajo condiciones de preservación ambiental y de respeto de los derechos de los pueblos.

LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Título II: DEL REGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTION AMBIENTAL

Capítulo I: Del Desarrollo Sustentable

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo. El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

REGLAMENTO AMBIENTAL PARA ACTIVIDADES MINERAS EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Capítulo I: Del Ámbito de Aplicación y Objeto

Art. 1.- Ámbito de aplicación.- El presente reglamento, las normas técnicas ambientales incorporadas a él y aquellas que se expidan sobre su base, regulan en todo el territorio nacional la gestión ambiental en las actividades mineras en sus fases de prospección, exploración inicial y avanzada, explotación, beneficio, procesamiento, fundición, refinación, comercialización y cierre de minas; así como también en las actividades de cierres parciales y totales de labores.

CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN

Título I: PRINCIPIOS GENERALES

Art. 1.- **Ámbito.-** Este código establece la organización político-administrativa del Estado Ecuatoriano en el territorio; el régimen de los diferentes niveles de gobiernos autónomos descentralizados y los regímenes especiales, con el fin de garantizar su autonomía política, administrativa y financiera. Además, desarrolla un modelo de descentralización obligatoria y progresiva a través del sistema nacional de competencias, la institucionalidad responsable de su administración, las fuentes de financiamiento y la definición de políticas y mecanismos para compensar los desequilibrios en el desarrollo territorial.

2.3 Marco Ético

Un engranaje fundamental de la ENAMI EP es su talento humano, conformado por técnicos capacitados, comprometidos con el país y listos para emprender por el logro de las metas de la empresa. Se han establecido normativas de comportamiento e instituido una cultura de ética empresarial en forma auténtica, asegurando la comunicación de valores y principios de conducta. Tomando como valores fundamentales: la integridad, trabajo en equipo, responsabilidad social y ambiental, y productividad y calidad.

La **misión** de la ENAMI E.P., consiste en desarrollar el sector minero mediante la prospección, exploración, explotación, beneficio, fundición, refinación, comercialización y cierre de minas de manera segura, eficiente, sustentable, con responsabilidad social y ambiental para contribuir con el desarrollo económico e integral del Estado Ecuatoriano.

Su **visión** es llegar a ser la empresa líder del estado ecuatoriano en el sector minero, participando exitosamente con un alto desempeño de su gestión, con procesos óptimos, mejora continua, innovación, tecnológica, responsabilidad social y ambiental, con talento humano competente y comprometido con el desarrollo del País.

2.4 Marco Referencial

2.4.1 Antecedentes

Bajo el indiscutible y público conocimiento de minería ilegal desarrollada en los cantones San Lorenzo y Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas, y que ha provocado daños irreparables en los ecosistemas locales contaminando las fuentes de agua, afectando las actividades productivas agrícolas y perjudicando la salud de los habitantes de la zona.

En la fecha del 20 de mayo de 2011, el Econ. Rafael Correa, Presidente Constitucional de la República del Ecuador, mediante decreto No. 783; establece: *"Art. 1 Declarar el Estado de Excepción en los cantones San Lorenzo y Eloy Alfaro de la Provincia de Esmeraldas, a fin de prevenir, cesar y eliminar las actividades de minería ilegal que se desarrollan en esas jurisdicciones de esta forma restablecer el acceso libre y sin restricciones de los pobladores del sector al derecho a la salud, a la seguridad, a un ambiente sano, de paz, de acceso al trabajo con prácticas legalmente determinadas, el dejar de intervenir podría generar una grave conmoción interna en los cantones indicados en este artículo."*

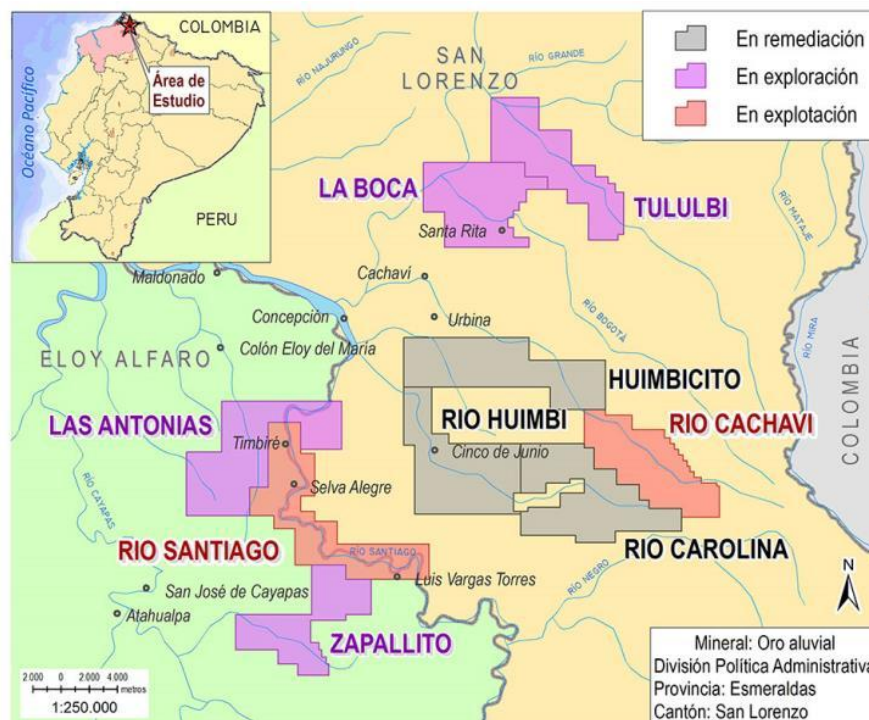
El río Santiago es el drenaje de mayor caudal y capacidad de arrastre, que desde tiempos ancestrales constituyó como proveedor de oro para concesionarios y explotadores ilegales que aprovecharon las gravas auríferas de más fácil acceso para la obtención del metal mediante metodologías anti-técnicas y su posterior comercialización, generando efecto adversos sobre la economía, la población y el ambiente.

Amparado a lo dispuesto en el Art. 315 de la Constitución de la República del Ecuador, y a lo establecido en el numeral 1 del artículo 5 de la Ley Orgánica de Empresas Públicas, el Estado Ecuatoriano creó la Empresa Nacional Minera ENAMI EP, mediante Decreto Ejecutivo No. 203 de 31 de diciembre de 2009, el mismo que fue publicado en el Registro Oficial No. 108 de 14 de enero de 2010.

Con el fin de impedir la proliferación de la minería anti técnica en el sector del Río Santiago, el Ministerio de Recursos Naturales No Renovables otorgó a la Empresa Nacional Minera, con fecha del 6 de julio del 2011, el Título de la Concesión Minera para Minerales Metálicos del área denominada Río Santiago

Código 402999, con un superficie de 4794 has mineras, la misma que fue protocolizada en la Notaria Trigésima Séptima del cantón Quito con fecha 15 de julio del 2011, e inscrita en la Agencia de Regulación y Control Minero Coordinación Regional-Ibarra con fecha 2 de agosto del 2011, bajo Registro No. 004-2011, Repertorio 160, Tomo 002 .

El proyecto Río Santiago en general posee un total de 1.290.938,78 Ha. Proyecto en la cual constituyen 9 concesiones¹ como se observa en el mapa No. 1:



Mapa 1: Concesiones del proyecto Río Santiago

¹ <http://www.enamiep.gob.ec/index.php/proyectos/proyectos-nacionales> (Fecha de consulta: 09/03/2013)

2.4.2 Ubicación del proyecto

El desarrollo del presente estudio se realizará únicamente en la concesión minera Río Santiago (Anexo No.1) que se encuentra en la fase de explotación y posteriormente en la fase de cierre de mina, en su frente propio denominado “El Porvenir”, a continuación se describe la concesión en referencia al mapa No. 2, así como las coordenadas U.T.M. del punto de partida y los demás vértices referenciados al DATUM PSAD-56 y a la zona geográfica No. 17 de la concesión minera Río Santiago, se señalan en la tabla 1:

Ubicación geo – política:

Nombre del área y código: RÍO SANTIAGO; 402999

Superficie: 4.794,00 has. Mineras

Provincia: Esmeraldas

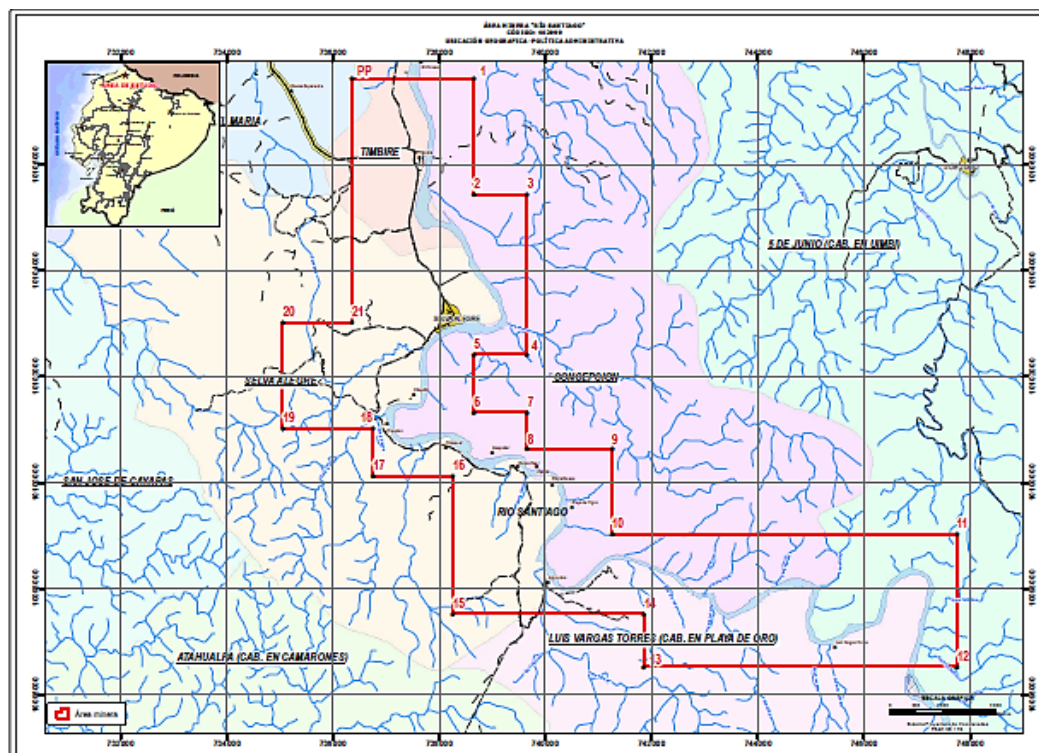
Cantones: Eloy Alfaro y San Lorenzo

Parroquias: Colón Eloy de María, Timbiré, Selva Alegre, Concepción, Luis Vargas Torres y 5 de Junio.

Superficie del frente “El Porvenir”: 2 hectáreas.

PUNTOS	CONCESIÓN MINERA RÍO SANTIAGO	
	X	Y
PP	736.600	10.108.000
1	738.900	10.108.000
2	738.900	10.105.800
3	739.900	10.105.800
4	739.900	10.102.800
5	738.900	10.102.800
6	738.900	10.101.700
7	739.900	10.101.700
8	739.900	10.101.000
9	741.500	10.101.000
10	741.500	10.099.400
11	748.000	10.099.400
12	748.000	10.096.900
13	742.100	10.096.900
14	742.100	10.097.900
15	738.500	10.097.900
16	738.500	10.100.500
17	737.000	10.100.500
18	737.000	10.101.400
19	735.300	10.101.400
20	735.300	10.103.400
21	736.600	10.103.400

Tabla 1: Coordenadas UTM (Datum PSAD-56, zona 17) de los vértices de la concesión Río Santiago



Mapa 2: Ubicación de la concesión Río Santiago y vías de acceso

2.4.3 Vías de acceso y comunicación

Para llegar a las instalaciones del campamento Selva Alegre de la ENAMI E.P. desde la ciudad de Quito, a San Lorenzo, provincia de Esmeraldas por vía aérea. Desde Quito por vía terrestre a Ibarra y San Lorenzo, en la “Y de Calderón”, por el desvío que se dirige a la parroquia de Colón Eloy, continuando posteriormente por una vía asfaltada al poblado de Timbiré, finalmente hacia el poblado de Selva Alegre en vía lastrada, el campamento de la ENAMI EP se encuentra en las proximidades del Destacamento de Infantería Selva Alegre – Cantón Eloy Alfaro.

El centro de concentración del Proyecto Río Santiago, es en el campamento Selva Alegre (Anexo No.2).

2.4.4 Topografía y relieve de la región

El área de estudio tiene una topografía abrupta y una llanura aluvial en la cuenca del Río Santiago. Se emplearán mapas topográficos de escala 1:1.000 de los terrenos, donde se ejecutarán los trabajos mineros.

Para la delimitación de estos trabajos se utilizará una estación total de alta precisión marca Trimble M3, iniciando con un levantamiento topográfico a detalle del frente a explotarse, y determinando exactamente las áreas de los pasivos ambientales, y aquellas que no han sido intervenidas. Una vez realizadas estas delimitaciones base se procederá a la elaboración del mapa topográfico escala 1:500 ó 1:1000. Posterior a este levantamiento realizaremos las actualizaciones permanentes conforme se avancen los trabajos de explotación y remediación, de tal manera que la información siempre se encuentre actualizada.

2.4.5 Clima, flora y fauna de la región

2.4.5.1 Clima

Bioclimáticamente, la zona en estudio se encuentra localizada dentro de la Región Húmedo Tropical, que se extiende en sentido altitudinal desde los 5 hasta los 600 msnm. La temperatura media anual oscila entre 23 y 25.5°C y recibe una precipitación promedia anual de 2000 a 3000 mm².

El análisis del clima a nivel local, se ha realizado sobre la base de la información meteorológica registrada por la estación climatológica de San Lorenzo que mantiene el INOCAR, y publicada por el INAMHI en los Anuarios Meteorológicos de los años 1994 a 1998. Además se tomó los datos del Anuario Meteorológico INAMHI 2010 de la Estación Meteorológica de Cayapas, que presentó los siguientes resultados:

M154															CAYAPAS															INAMHI														
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)									HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación																							
		ABSOLUTAS		M E D I A S							Máxima	Mínima	Media	Mensual	Máxima día			Mínima día	Media	Mensual		Suma	Máxima en 24hrs	día																				
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual																																						
ENERO		34.5	4	22.6	6	31.4	23.4	26.9				99	9	58	5	86	24.2	30.3	458.2	84.8	13	23																						
FEBRERO						31.9	23.7	27.0				98	3	59	20	88	24.6	30.9	609.7	112.2	13	27																						
MARZO						32.6	23.6	27.5				98	10	60	29	86	24.9	31.5	878.8	160.0	30	30																						
ABRIL						32.6	23.1	27.3				98	11	58	20	87	24.7	31.2	540.6	92.4	4	29																						
MAYO						32.0	22.8	26.9								87	24.5	30.8	359.4	90.7	10	26																						
JUNIO																																												
JULIO				21.2	28	30.3	22.7	25.9				99	31	64	2	88	23.6	29.2	162.4	27.0	8	28																						
AGOSTO				21.0	12	31.1	22.7	26.4				99	5	57	8	86	23.6	29.1	81.2	21.3	24	20																						
SEPTIEMBRE						30.3	22.6	25.6				98	2	60	3	88	23.4	28.7	147.3	22.8	24	22																						
OCTUBRE		32.5	26	21.0	30	30.1	22.3	25.6								86	22.9	27.9	44.1	10.5	17	20																						
NOVIEMBRE																																												
DICIEMBRE																																												
VALOR ANUAL																																												

Ilustración 1: Anuario Meteorológico INAMHI 2010

² Cañadas Luis, Mapa Bioclimático del Ecuador, 1983

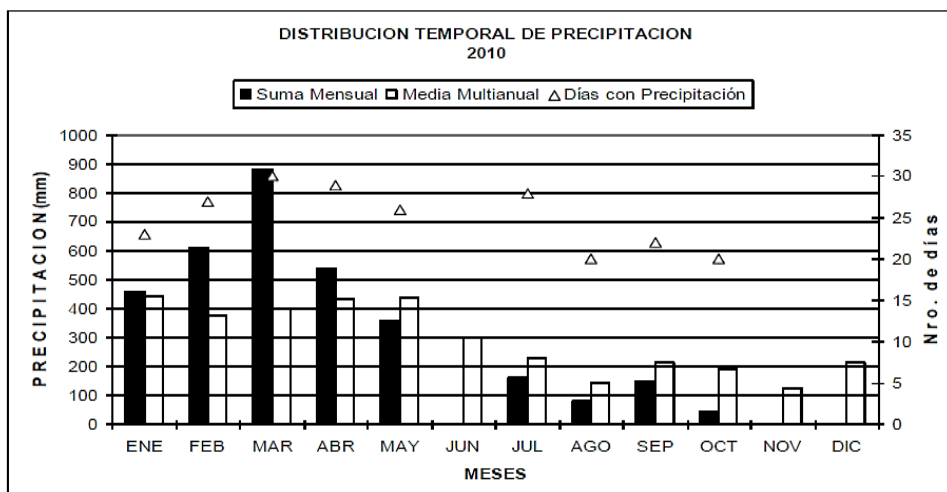


Ilustración 2: Histograma de distribución temporal de precipitación 2010

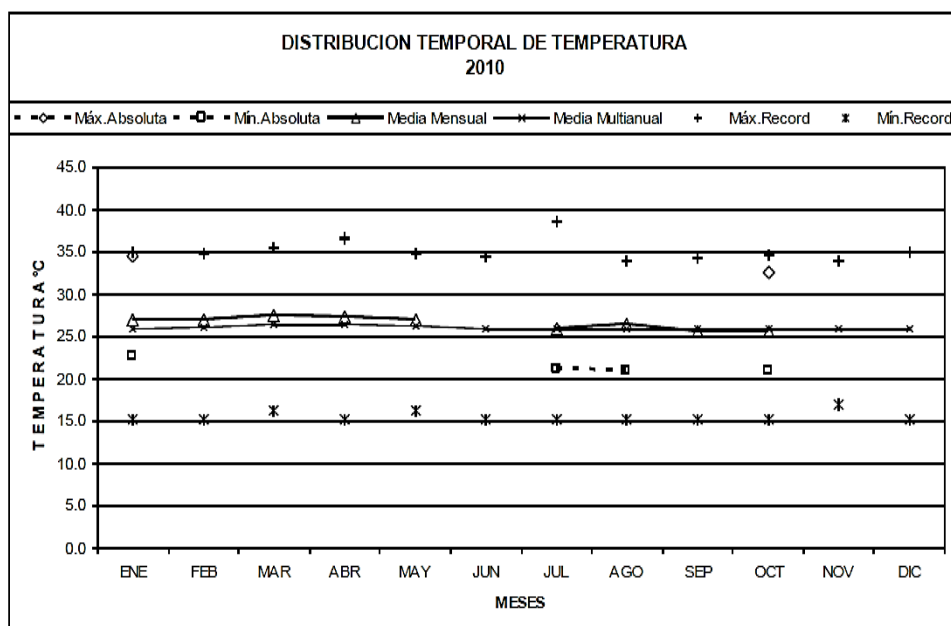


Ilustración 3: Distribución temporal de temperatura 2010

2.4.5.2 Flora

El Ecuador posee una gran biodiversidad por unidad de área, se estima que el país posee más de 20.000 especies vegetales³. Según el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador, de Jorgensen & S. León Yáñez de 1999, se conoce 16.087 especies vegetales dentro del territorio nacional, representando del 12 a 13% de las variedades de plantas vasculares de todo el planeta.

La provincia de Esmeraldas es una de las que más vocación maderable tiene, de este lugar salen especies finas, como el “Chanul” *Humiriastrum procerum*

³ Gentry, 1986

(Humiriaceae), “Sande” *Brosimum utile* (Moraceae) y “Guadaripo” *Nectandra guadaripo* (Lauraceae); así como “Guarumos” *Cecropia garciae*, *Cecropia reticulata*, “Cordonsillo” *Piper aduncum*, “Santa María” *Piper peltatum*, “Escobilla” *Andropogon bicornis*, “Sapan” *Trema micrantha*, “Boya/Balsa” *Ochroma pyramidale*, “Cortadera” *Paspalum saccharoides*, “Guaba Machete” *Inga spectabilis*. Además cabe que en ciertos puntos la vegetación ha sido remplazada por los cultivos de “Palma Africana” *Elaeis guineensis* Jacq.

La flora de Esmeraldas es considerablemente endémica, debido a la cuantiosa diversidad por formar el corredor occidental llamado el gran Chocó, pero también se registra la más grande tala de bosques. La deforestación más alarmante ha ocurrido en esta provincia y en general en la costa⁴.

El paisaje del área de influencia del proyecto Río Santiago presenta alteración y corresponde a un área intervenida, donde la cobertura vegetal ha sido alterada por procesos antrópicos como la extracción de bosques, actividades de minería ilegal, cambio en el uso del suelo para la producción de ganado y cultivos, los mismos que han propiciado el desarrollo de vegetación pionera y de tipo secundario ubicada en áreas donde han existido las mencionadas actividades.

2.4.5.3 Fauna

El noroccidente de la provincia de Esmeraldas contiene bosques de tierras bajas que se encuentran en evidente amenaza de destrucción y son una de las prioridades para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial⁵.

Los ecosistemas tropicales presentan mayor diversidad que los subtropicales gracias a su mayor estabilidad climática lo que ha permitido una mayor especialización trófica de las especies. El clima juega un papel importante en los procesos de dispersión, factores como la cantidad de precipitación y la reproducción, alimentación, crecimiento y temperatura, ligada con la altitud, se

⁴ Sierra, 1996

Dodson & Gentry, 1991

⁵ Neill et al., 2001

constituyen en los principales componentes que enmarcan los ecosistemas tropicales.

El área de estudio faunístico del proyecto Río Santiago, se encuentra ubicada en la Provincia de Esmeraldas, cantón San Lorenzo y Eloy Alfaro. Entre los grupos de fauna terrestre analizados fueron: avifauna, mastofauna, herpetofauna; obteniéndose los siguientes resultados:

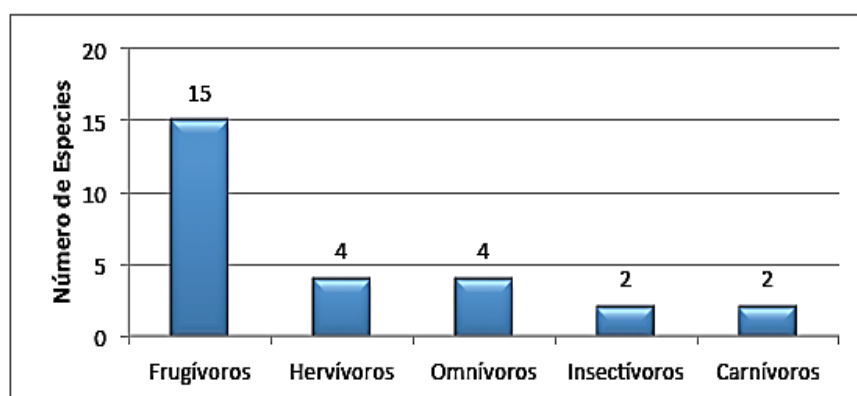


Ilustración 4: Nicho Trófico

Pese a que el área de estudio se encuentra intervenida por actividades de minería informal, donde se pueden apreciar remanentes de vegetación de bosque secundario, pastizales y áreas abiertas; no se han registrado especies en peligro, sin embargo se reconoció especies en otras categorías de conservación.

2.4.6 Aspectos socio – económicos de la población

La existencia de oro y otros minerales valiosos en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo, ha hecho que en estos lugares se desarrolle la actividad de extracción minera. Sin embargo, esta se la ha ejercido en forma ilegal y con procedimientos precarios que no garantizan la seguridad ambiental ni la integridad de las personas.

Un aspecto importante en la zona, es la proximidad con la frontera Norte del Ecuador y el municipio de Tumaco de Colombia, lo que le da características sociales relacionadas con conflictos delictivos, interétnicos e incluso de índole militar por uso de este territorio como área de tránsito de grupos irregulares

colombianos. Esto ha implicado que ambos Estados hayan manifestado su interés en generar proyectos de seguridad ciudadana tanto individual como binacionalmente.

Según las estimaciones, la explotación minera aluvial ilegal en San Lorenzo y Eloy Alfaro dejó unos \$130 millones en oro, sin ningún beneficio para las comunidades y el Estado, sino solo contaminación del agua y del ambiente⁶. En este contexto el Estado ha creado la ENAMI EP⁷ para regular esta actividad y vincular a los mineros artesanales de San Lorenzo y Eloy Alfaro, para explotar el oro que se encuentra en los ríos de esa zona, en la cual hasta hace poco operaban mineros ilegales.

La actividad económica más importante en la provincia de Esmeraldas es la agricultura y ganadería. La explotación de recursos minerales, especialmente oro, y, la extracción madera. Caza y pesca representan también una ocupación significativa. La siguiente categoría de importancia económica son servicios, principalmente en función del turismo.

Al ingresar la ENAMI a esta zona como un actor social, para modificar la manera que se estaban realizando las actividades mineras artesanales, modificó la forma del campo organizacional, pasando de un interés en el que se privilegiaba el beneficio privado e ilegal, hacia un campo organizacional comunitario y legal, que trabaja conjuntamente con el Estado. Este cambio posibilita también que la población se integre al proceso, siendo así que se interese en participar y llegando a asociarse en un acuerdo con la ENAMI EP como pequeños mineros legales.

Para lograr este cambio, ENAMI ha realizado las siguientes actividades:

- Se promovió la formación de asociaciones de mineros.

⁶http://www.elciudadano.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=24832:estado-se-asociara-con-mineros-artesanales-de-esmeraldas&catid=40:actualidad&Itemid=63 (fecha de consulta: 10/05/2013)

⁷ Ley de Minería, artículo 44. Publicado en el Registro Oficial 517 del 29 de enero del 2009.

- Se han impartido asesoramientos técnicos para que las nuevas asociaciones no utilicen mercurio en sus actividades y puedan extraer un mayor porcentaje de oro del que se solía recuperar.
- Se han ejecutado actividades de concientización sobre la reutilización del agua de las piscinas ilegales, y sobre todo la importancia de rehabilitar los espacios donde se presentaba minería ilegal, para realizar otras actividades productivas, como agricultura.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo aplicado en campo, el cual está dirigido a detallar las características del proceso a analizar, en este caso el trabajo de extracción de grava aurífera, el lavado y recuperación de oro. Asimismo es de tipo transversal, debido a que se lo realizará en un intervalo de tiempo, comprendido entre los meses de Junio - Octubre 2013.

3.2 Universo

El universo del estudio está conformado por dos concesiones en producción de la Empresa Nacional Minera ENAMI EP: Río Santiago y Río Cachaví.

3.3 Muestra

El estudio tomará como referencia el frente de “El Porvenir” en la concesión Río Santiago para su desarrollo y análisis de la planta de lavado y recuperación de oro libre.

3.4 Técnicas

Para el desarrollo de este estudio se efectuará mediante la recopilación de información publicada en libros, tesis de grados, folletos, informes especializados en el área de geología y minería, además de la experiencia aportada por técnicos en minería y metalurgia extractiva.

En el presente trabajo conjuntamente se tomarán muestras de cabeza, cola y concentrados, muestras que serán enviadas para su análisis en

laboratorio además se investigará la grava aurífera para conocer las características minero-geológicas.

El desarrollo del estudio se basará en un análisis del sistema de extracción de grava aurífera actual en el frente de explotación y la variante propuesta.

Los datos se recolectarán en el área de estudio, frente “El Porvenir”, ubicada en el cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas.

3.4.1 Ensayos de laboratorio

La necesidad de conocer específicamente las características mineralógicas de la grava presente en el proyecto Río Santiago, ha conllevado a tomar muestras representativas de la grava aurífera para el estudio de las propiedades químicas y mineralógicas.

Las muestras se tomaron durante las labores de exploración en el frente de “El Porvenir” durante el periodo del 01 al 07 de junio de 2013, con muestras tomadas en cada calicata y graficados en un mapa de muestreo (Anexo No.3), bajo las siguientes coordenadas WGS-84:

CALICATA	ESTE	NORTE	COTA
EVA-01	737804	10103735	44
EVA-02	737862	10103734	44
EVA-03	737707	10103695	43
EVA-04	737719	10103612	43
EVA-05	737658	10103653	43

Tabla 2: Coordenadas de las calicatas EVA, en "El Porvenir"

Cabe señalar que las muestras seleccionadas para enviarlas al laboratorio, se tomaron ejemplares de grava de las siete calicatas realizadas en “El Porvenir” y se la codificó como: MI-PAI-GGT2-B3VE.

El resultado de los análisis sirvió para determinar la presencia de minerales y metales preciosos (oro, plata y platino) presente en la grava como consta en los resultados de los análisis de laboratorio otorgados por el Laboratorio del Departamento de Metalurgia Extractiva – DEMEX, de la Escuela Politécnica Nacional.

3.4.1.1 Difracción de rayos X

La cristalografía de rayos X es una técnica experimental para el estudio y análisis de minerales, basada en el fenómeno de difracción de los rayos X por sólidos en estado cristalino.

Los rayos X son difractados por los electrones que rodean los átomos por ser su longitud de onda del mismo orden de magnitud que el radio atómico. El haz de rayos X emergente tras esta interacción contiene información sobre la posición y tipo de átomos encontrados en su camino. Los cristales, gracias a su estructura periódica, dispersan elásticamente los haces de rayos X en ciertas direcciones y los amplifican por interferencia constructiva, originando un patrón de difracción. Existen varios tipos de detectores especiales para observar y medir la intensidad y posición de los rayos X difractados, y su análisis posterior por medios matemáticos permite obtener una representación a escala atómica de los átomos y moléculas del material estudiado. Ensayos que se realizan en laboratorio como se observa en la fotografía 1.



Fotografía 1: Laboratorio de Difracción de Rayos X

La determinación de los compuestos con cristalización definida, de la muestra tomada durante las labores de exploración avanzada en la zona de “El Porvenir”, se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y el programa Diffra Plus, para cualificación y cuantificación.

A continuación, en la tabla 3 e ilustración 5, se detallan los resultados obtenidos del análisis de la muestra tomada de las gravas pertenecientes a las calicatas EVA, realizadas en El Porvenir durante la fase de Exploración Avanzada (Anexo No.4):

MINERAL	FÓRMULA	CONTENIDO
Cuarzo	SiO_2	17%
Grupo Plagioclasa (albita, andesina, anortita)	$(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})\text{Si}_2\text{O}_8$	40%
Muscovita	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	9%
Vermiculita	$(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{OH})_4(\text{Al,Si})_8\text{O}_{22} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1%
Cordierita	$\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$	2%
Clinocloro	$(\text{Mg,Fe})_5\text{Al}(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	4%
Coesita	SiO_2	3%
Vaterite	CaCO_3	3%
Caolinita	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	18%
Grupo Zeolita (mordenita, clinoptilolita, heulandita, stilbita)	$\text{X}(\text{Y}\text{O}_2)_n \cdot m\text{H}_2\text{O}$ con X: Na,Ca,Ba,Sr,K,Mg,Li con Y: Si, Al	3%

Tabla 3: Resultado del análisis por Difracción de Rayos X

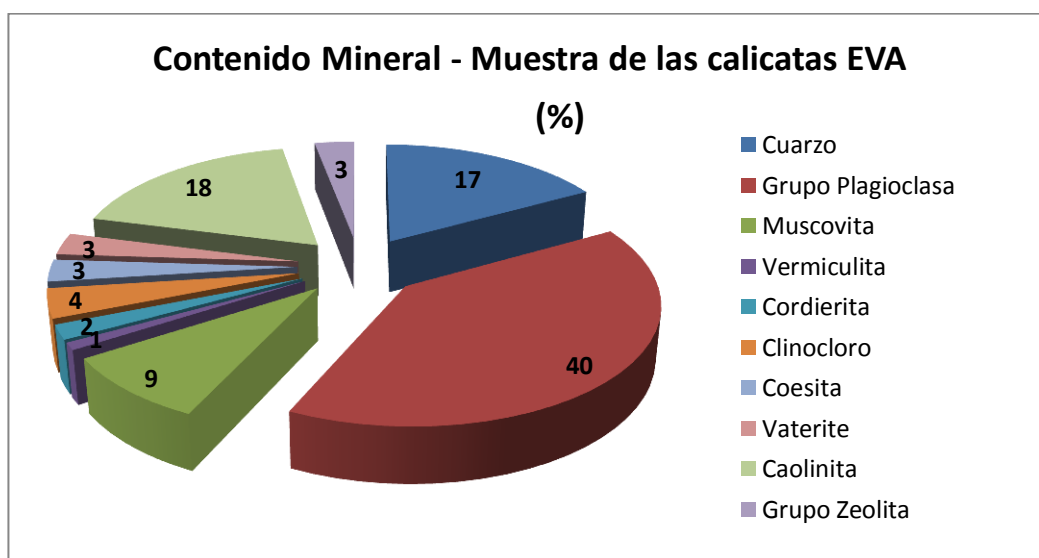


Ilustración 5: Gráfico de contenido mineralógico

3.4.1.2 Ensayo al fuego

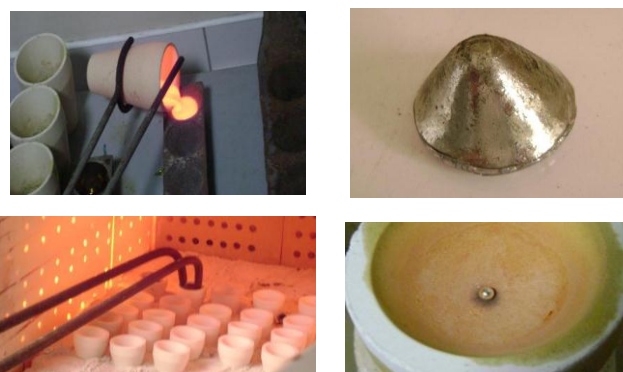
El ensayo al fuego es el método más utilizado para la determinación de oro y plata, en menas y concentrados, por su simplicidad y confiabilidad de resultados. El método tradicional consiste en mezclar la muestra portadora de oro con una mezcla fundente para formar 2 fases:

- Fase Metálica: contiene los metales preciosos (Au y Ag) y el metal colector.
- Fase Escoria: contiene básicamente los óxidos y silicatos de los otros metales presentes en la muestra que se está analizando.

Como material colector de los metales preciosos se ha utilizado plomo, debido a su bajo punto de fusión, a su maleabilidad, y a la facilidad con la que éste puede oxidarse para separarlo de los metales preciosos.

Con la muestra se mezclan los agentes fundentes, que incluyen el óxido de plomo (litargirio) y se funden a alta temperatura. El óxido de plomo se reduce a plomo, el cual colecta el metal precioso. Cuando la mezcla fundida se enfría, el plomo permanece en el fondo, mientras que una escoria vítrea permanece arriba. Los metales preciosos se separan del plomo mediante un procedimiento llamado copelación.

Al régulo de plomo que contiene los metales de interés (Au y Ag), se lo calienta en copelas, con el fin de eliminar el Pb, como resultado se obtiene un botón de oro y plata, como se observa en la fotografía 2, que posteriormente serán sometidos a Análisis Químico o determinación gravimétrica, según las condiciones finales de la muestra.



Fotografía 2: Ensayo al Fuego - Copelación

3.4.1.3 Platino en líquidos

Posterior a la copelación, se procede a la laminación del botón obtenido, el cual debe hacerse con cuidado, procurando no romper ni contaminar la muestra. El platino es relativamente resistente al ataque químico, tiene buenas propiedades físicas a temperaturas altas, y unas buenas propiedades eléctricas; sin embargo es posible disolverlo usando agua regia (ácido nítrico y ácido clorhídrico concentrado en la proporción de 1:3 partes en volumen).

Para liberar el oro, se coloca la lámina en crisoles de porcelana sobre una plancha de calentamiento a 120°C, adicionando ácido nítrico al 15% para disolver la plata, obteniendo una solución de nitrato de plata y Au.

Se realiza de cuatro a cinco lavados con agua, para obtener el Au libre de la solución de nitrato de Ag, ver fotografía 3, para luego pasar al calcinado introduciéndola en una mufla a 700°C.



Fotografía 3: Laboratorio de Química Analítica

Se diluye el oro y el platino, usando agua regia, sobre planchas de calentamiento a 80°C por 1 min. A continuación se trasvasa a tubos de ensayo con la adición de ácido clorhídrico al 10% y se agita, para que finalmente el análisis químico en el espectrómetro de absorción atómica, determine la cantidad de oro y platino presente en la muestra.

A continuación, en la tabla 4 se expone los resultados certificados (Anexo No.5) por el Departamento de Metalurgia Extractiva de la EPN; según la densidad de la grava 1.800kg/m³:

MUESTRA	ORO (g Au/ m ³)	PLATA (g Ag/ m ³)	PLATINO (g Pt/m ³)
MI-PAI-GGT2-B3VE	0,018	21,6	0,018

Tabla 4: Cuadro de resultados del Ensayo al Fuego

3.4.2 Muestreo en campo

Una muestra de gravas auríferas es usualmente empleada para evaluar sus características cuantitativas y cualitativas. La muestra consiste en una mezcla de porciones de las siete calicatas realizadas (sub-muestras) tomadas de un terreno relativamente homogéneo.

Es importante que la muestra sea representativa del terreno que se desea evaluar. Los análisis en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas cada vez más exactas y precisas⁸, así que la fuente de error más grande se halla en el muestreo.

Durante la jornada de exploración avanzada del 01 al 07 de junio 2013, se tomó una muestra por calicata, en total se obtuvieron siete sub-muestras que conforman la muestra representativa compuesta, que se envió al laboratorio para su análisis, como se especificó anteriormente.

3.4.2.1. Análisis de cabeza, colas y concentrados

Para establecer la ley de cabeza, se efectuó una serie de toma de muestras en cada uno de los bloques en extracción en la explotación del frente “El Porvenir” en la concesión Río Santiago, para ello dentro de cada bloque se delimitó con trincheras internas de muestreo (Anexo No.6), en las cuales se tomará muestras de 0,8 m³ al azar, para luego procesarlas en el concentrador gravimétrico por impulsos llamado Jig.

De esta manera, al obtener el concentrado se extrae el oro y se calcula la ley de cabeza por avance en el bloque de explotación. En nuestro estudio la ley de cabeza promedio es equivalente a **Lmp = 0,098 g Au/m³**, los resultados se presentan en las siguientes tablas:

⁸ Gutiérrez, 1997; Ruíz, 1997.

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 1										
Volumen por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80 m³						
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	LEY (g/m³)	LEY DE CABEZA (g/m³)	TIPO DE GRAVA
6	C1-Tr3-1	737845	10103738	41,65	13/06/2013	1,00	0,040	0,050	0,060	GRAVA GRIS
7	C1-Tr1-1	737853	10103764	41,65	14/06/2013	1,15	0,056	0,070		
8	C1-Tr2-1	737848	10103752	41,65	14/06/2013	1,00	0,045	0,056		
2	C1-Tr3-2	737836	10103754	41,65	08/07/2013	1,20	0,039	0,049		
1	C1-Tr4-1	737844	10103759	41,65	08/07/2013	1,80	0,061	0,076	0,127	GRAVA AMARILLA (T1)
11	C1-Tr3-3	737861	10103749	41,65	23/06/2013	1,53	0,092	0,115		
9	C1-Tr1-2	737853	10103764	39,15	23/06/2013	1,44	0,077	0,096		
3	C1-Tr1-4	737844	10103759	38,85	09/07/2013	1,70	0,089	0,111		
4	C1-Tr2-2	737836	10103754	38,65	11/07/2013	2,20	0,104	0,130		
5	C1-Tr2-3	737848	10103752	38,65	12/07/2013	2,70	0,122	0,153		
13	C1-Tr4-2	737863	10103742	40,10	27/07/2013	3,00	0,119	0,149	0,106	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
14	C1-Tr4-3	737853	10103735	41,37	27/07/2013	2,10	0,108	0,135		
10	C1-Tr1-3	737853	10103764	38,15	23/06/2013	2,50	0,087	0,109		
12	C1-Tr2-4	737836	10103754	35,20	25/07/2013	1,10	0,069	0,086		
15	C1-Tr3-4	737844	10103759	35,00	27/07/2013	1,00	0,072	0,090		
16	C1-Tr3-5	737848	10103752	35,00	27/07/2013	3,70	0,105	0,131		
17	C1-Tr4-4	737853	10103735	38,70	28/07/2013	2,80	0,094	0,118	0,101	Ley media ponderada
18	C1-Tr4-5	737863	10103742	37,54	28/07/2013	3,30	0,082	0,103		
							1,461			

	TRINCHERA DE AVANCE 1
	TRINCHERA DE AVANCE 2
	TRINCHERA DE AVANCE 3
	TRINCHERA DE AVANCE 4

Tabla 5: Muestreo de Ley de Cabeza - Corte 1

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 2										
Volumen procesado por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80 m³						
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	LEY (g/m³)	LEY DE CABEZA (g/m³)	TIPO DE GRAVA
1	C2-Tr1-1	737851	10103706	43	03/08/2013	1,85	0,042	0,0525	0,058	GRAVA GRIS
2	C2-Tr2-1	737846	10103716	43,00	03/08/2013	1,95	0,051	0,064		
3	C2-Tr3-1	737862	10103708	43,00	03/08/2013	1,65	0,076	0,095	0,123	GRAVA AMARILLA (T1)
4	C2-Tr1-2	737856	10103722	43	03/08/2013	2,50	0,092	0,115		
5	C2-Tr2-2	737872	10103713	43,00	03/08/2013	2,10	0,093	0,116		
6	C2-Tr3-2	737867	10103726	43,00	04/08/2013	1,80	0,133	0,166		
7	C2-Tr1-3	737851	10103706	41,5	04/08/2013	2,21	0,090	0,1125	0,110	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
8	C2-Tr2-3	737846	10103716	41,50	05/08/2013	2,15	0,102	0,128		
9	C2-Tr3-3	737862	10103708	41,50	05/08/2013	2,30	0,072	0,090		
10	C2-Tr3-4	737856	10103722	41,50	06/08/2013	1,95	0,087	0,109		
							0,838		0,105	Ley media ponderada

	TRINCHERA DE AVANCE 1
	TRINCHERA DE AVANCE 2
	TRINCHERA DE AVANCE 3

Tabla 6: Muestreo de Ley de Cabeza - Corte 2

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 3										
Volumen por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80 m³						
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	LEY (g/m³)	LEY DE CABEZA (g/m³)	TIPO DE GRAVA
1	C3-Tr1-1	737934	10103700	40,42	11/08/2013	1,53	0,108	0,135	0,159	GRAVA AMARILLA (T1)
2	C3-Tr2-1	737933	10103716	40,42	12/08/2013	1,25	0,131	0,16375		
3	C3-Tr3-1	737919	10103707	40,42	12/08/2013	1,00	0,137	0,17125		
6	C3-Tr4-1	737926	10103726	39,20	13/08/2013	2,00	0,054	0,068		
7	C3-Tr5-1	737912	10103717	39,50	13/08/2013	2,30	0,207	0,259	0,050	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
4	C3-Tr1-2	737934	10103700	37,50	12/08/2013	2,50	0,018	0,023		
5	C3-Tr2-2	737933	10103716	36,80	12/08/2013	3,00	0,072	0,09		
8	C3-Tr3-2	737919	10103707	36,00	13/08/2013	2,80	0,058	0,073		
9	C3-Tr4-2	737907	10103728	37,50	14/08/2013	3,30	0,041	0,051		
10	C3-Tr5-2	737920	10103735	35,80	14/08/2013	2,20	0,035	0,044		
11	C3-Tr1-3	737926	10103726	37,4	14/08/2013	2,60	0,001	0,001		
12	C3-Tr2-3	737912	10103717	36,5	14/08/2013	3,10	0,001	0,00125		
13	C3-Tr3-3	737909	10103740	37,80	15/08/2013	3,20	0,091	0,114	0,092	Ley media ponderada
							0,954			

	TRINCHERA DE AVANCE 1
	TRINCHERA DE AVANCE 2
	TRINCHERA DE AVANCE 3
	TRINCHERA DE AVANCE 4
	TRINCHERA DE AVANCE 5

Tabla 7: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 3

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 4										
Volumen procesado por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80	m³					
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	LEY (g/m³)	LEY DE CABEZA (g/m³)	TIPO DE GRAVA
4	C4-Tr1-2	737894	10103695	39,80	25/08/2013	1,90	0,094	0,118	0,120	GRAVA AMARILLA (T1)
1	C4-Tr2-1	737911	10103703	39,70	20/08/2013	2,00	0,112	0,140		
2	C4-Tr3-1	737904	10103713	38,60	20/08/2013	1,70	0,076	0,095		
3	C4-Tr1-1	737888	10103706	39,50	23/08/2013	2,10	0,103	0,129		
5	C4-Tr2-2	737908	10103689	38,20	25/08/2013	2,18	0,055	0,069	0,069	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
							0,44		0,110	Ley media ponderada

TRINCHERA DE AVANCE 1

TRINCHERA DE AVANCE 2

TRINCHERA DE AVANCE 3

Tabla 8: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 4

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 5										
Volumen procesado por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80	m³					
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	TENOR (g/m³)	TENOR PROMEDIO (g/m³)	TIPO DE GRAVA
1	C5-Tr1-1	737870	10103672	41,50	01/09/2013	1,85	0,067	0,084	0,104	GRAVA AMARILLA (T1)
2	C5-Tr2-1	737861	10103689	41,50	01/09/2013	1,70	0,078	0,098		
3	C5-Tr3-1	737867	10103698	38,60	01/09/2013	2,05	0,079	0,099		
4	C5-Tr1-2	737879	10103698	38,60	02/09/2013	2,05	0,110	0,138		
5	C5-Tr3-2	737888	10103672	38,40	02/09/2013	2,10	0,067	0,084	0,084	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
							0,401		0,094	

TRINCHERA DE AVANCE 1

TRINCHERA DE AVANCE 2

TRINCHERA DE AVANCE 3

Tabla 9: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 5

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 6										
Volumen procesado por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80	m³					
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	LEY (g/m³)	LEY DE CABEZA (g/m³)	TIPO DE GRAVA
3	C6-Tr3-1	737901	10103758	41,80	04/09/2013	1,85	0,053	0,066	0,078	GRAVA AMARILLA (T1)
4	C6-Tr1-2	737895	10103773	41,00	05/09/2013	2,10	0,064	0,080		
5	C6-Tr2-2	737880	10103762	40,70	05/09/2013	2,00	0,072	0,090		
10	C6-Tr1-3	737867	10103757	41,00	07/09/2013	2,10	0,061	0,076		
1	C6-Tr1-1	737907	10103749	42,50	04/09/2013	1,80	0,310	0,388	0,100	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
2	C6-Tr2-1	7378901	10103745	39,80	04/09/2013	1,95	0,078	0,098		
6	C6-Tr1-3	7378901	10103758	38,50	05/09/2013	2,50	0,109	0,136		
7	C6-Tr2-3	737891	10103751	36,50	05/09/2013	2,30	0,095	0,119		
8	C6-Tr3-3	737895	10103773	38,00	07/09/2013	2,00	0,051	0,064		
9	C6-Tr3-4	737880	10103762	36,20	07/09/2013	2,70	0,066	0,083		
							0,649		0,090	Ley media ponderada

MUESTRA DESCARTADA (EFECTO PEPITA)

TRINCHERA DE AVANCE 1

TRINCHERA DE AVANCE 2

TRINCHERA DE AVANCE 3

Tabla 10: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 6

MUESTREO DE CABEZA DEL FRENTE "EL PORVENIR" - CORTE 7										
Volumen procesado por muestra = cucharón de la excavadora =				0,80	m³					
No.	MUESTRA	ESTE	NORTE	COTA	FECHA	ESPESOR (m)	ORO LIBRE (g)	LEY (g/m³)	LEY DE CABEZA (g/m³)	TIPO DE GRAVA
1	C7-Tr1-1	737877	10103772	42,00	22/09/2013	2,20	0,081	0,101	0,099	GRAVA AMARILLA (T1)
2	C7-Tr2-1	737869	10103778	38,00	23/09/2013	2,28	0,073	0,091		
3	C7-Tr3-1	737861	10103772	38,30	23/09/2013	2,06	0,094	0,118		
4	C7-Tr1-2	737867	10103767	40,50	23/09/2013	2,04	0,069	0,086		
5	C7-Tr2-2	737886	10103778	37,50	24/09/2013	2,15	0,048	0,060	0,060	GRAVA GRIS AZULADA (T2)
							0,365		0,091	Ley media ponderada

TRINCHERA DE AVANCE 1

TRINCHERA DE AVANCE 2

TRINCHERA DE AVANCE 3

Tabla 11: Muestreo Ley de Cabeza - Corte 7

Para calcular la Ley de Colas, se analizó y muestreó la presencia de oro en las colas que descarga el Concentrador Helicoidal “Finisher”, dando como resultado **0,0021 g Au/m³**, ver tabla 12:

MUESTREO DE COLAS				
MUESTRA No.	FECHA	VOLUMEN (m ³)	ORO LIBRE (g)	TENOR (g Au/m ³)
1	30/07/2013	1,2	0,005	0,0042
2	30/08/2013	3,8	0,009	0,0024
3	28/09/2013	3,5	0,004	0,0011
TOTAL		8,5	0,018	0,0021

Tabla 12: Muestreo de Colas de la descarga del Concentrador Helicoidal

El cálculo de la ley de los concentrados, se tomó como referencia el volumen de las descargas de concentrados hechas por la Planta de Lavado MPP 100, durante las liquidaciones, de lo cual se obtuvo una ley de concentrados de **214,47 g Au/m³** como se observa en los datos expuestos en la tabla 13:

	CORTE	FECHA DE LIQUIDACION	VOLUMEN DE CONCENTRADOS (m³)	ORO LIBRE RECUPERADO (g)	LEY DE CONCENTRADOS (g Au/m³)
MES	No.				
JUNIO	1	30/07/2013	1,288	299,49	232,52
JULIO	2	30/08/2013	3,864	1.003,76	259,77
AGOSTO	3				
	4				
SEPTIEMBRE	5	28/09/2013	1,288	290,34	225,42
	6		1,288	227,55	176,67
	7		1,288	112,51	87,35
			9,016	1.933,65	214,47

Tabla 13: Ley de concentrados

CAPÍTULO IV

4. GEOLOGÍA

4.1. Geología Regional

La zona de estudio está ubicada en la parte noroccidental del Ecuador y corresponde a la provincia de Esmeraldas; en esta zona afloran rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias de edad Eocénica Superior hasta Pleistocénica. Se presume que éstas descansan sobre rocas básicas ígneas marinas de edad Cretácica (Anexo No.7).

El basamento de esta zona lo constituye la Formación Piñón, sobre la cual en discordancia estratigráfica se han acumulado grandes espesores de rocas marinas de Terrígeno Nerítico y en menor grado de rocas carbonatadas y arrecifales de aguas someras de edad Terciaria.

Las capas de sedimentos depositados durante diferentes épocas (Anexo No.8) en las profundidades del mar se plegaron, fracturaron y fallaron como consecuencia de las acciones de compresión y orogénia, por lo que en el área encontraremos afloramientos de rocas sedimentarias de diferentes grados.

Yaciendo al paquete sedimentario se han depositado terrazas compuestas por clastos volcánicos, granodioritas, pórfidos, brechas y una matriz arcilla-arenosa que contiene minerales de oro, platino, magnetita, ilmenita entre otros.

4.1.1. Estratigrafía

Formación Piñón (K P) (Landes En Tschopp, 1948)

La actividad volcánica submarina en la costa ecuatoriana originó la depositación de una potente serie volcánica que se la conoce como Formación Piñón, se presume que pudo haberse iniciado desde el Jurásico Superior. Esta formación constituye el basamento de todas las cuencas terciarias de la costa ecuatoriana.

Existen pocas exposiciones en afloramientos norteños, que han sido reconocidas 25 kilómetros al sureste de Esmeraldas (Bristow y Hoffstetter 1977). En la localidad tipo, el río Piñón, la formación está expuesta sobre una distancia de 3 kilómetros y comprende principalmente rocas ígneas básicas: diabasa, basaltos equigranulares de grano fino, aglomerado basáltico, toba, escasos lentes y capas delgadas de argilita, complejos de diques (Feininger 1980); además de pilowlavas, hialoclastitas y metabasaltos (prehnita – pumpellyta). La formación no contiene fósiles y su base no ha sido encontrada, se estima una potencia de al menos 2 kilómetros (Henderson 1979).

Formación Zapallo (EZ) (Stainforth, 1948)

Aflora en un estrecho de la zona oriental de la provincia de Esmeraldas, en dirección suroeste - noreste, la intersectan los cursos superiores de los ríos Zapallo Grande y Santiago que son afluentes del río Cayapas.

Esta formación está compuesta por lutitas duras grises a pardas, con foraminíferos, interestratificadas con areniscas y capas delgadas de limonita y yeso. En la parte inferior abundan tobas y arcillas silíceas, además de fragmentos de Chert de color gris oscuro a café. Posee una microfauna rica de foraminíferos planctónicos. Su espesor va desde los 500 a 1.000 metros.

La Formación Zapallo corresponde a una sedimentación de aguas tranquilas sobre el basamento durante el inicio de la transgresión marina del Eoceno Medio. Yace en discordancia sobre la Formación Piñón; está cubierta discordantemente por la Formación Playa Rica y buza hacia la cuenca de Borbón.

Formación Playa Rica (O P) (Olsson, 1942)

Esta formación es producto de una transgresión marina, recubre a la Formación Zapallo, se la conoce solamente en la zona oriental de la cuenca de Esmeraldas. Toma el nombre de Playa Rica, una población en el margen izquierdo del río Santiago, al este de la provincia de Esmeraldas.

En la base de la formación existe un conglomerado grueso de unos 500 m de potencia con cantos volcánicos cretácicos y calizas de la Formación Santiago. En su mayoría, la formación consiste de lutitas grises a negras, duras, laminadas y

con abundante fauna fósil (foraminíferos planctónicos, braquiópodos, moluscos), además con intercalaciones de areniscas.

La cantidad de fósiles que contiene han permitido la datación de su edad, comprendida entre el Oligoceno Inferior a Medio (Sigal, 1968). Su potencia máxima varía de 600 a 800 m, se encuentra localmente en discordancia con la Formación Angostura y en contacto fallado con la Formación Borbón. Su dirección general es hacia el noreste y buza hacia el noroeste, en la cuenca de Borbón.

Formación Angostura (M DA) (Stainforth, 1948)

La localidad tipo donde fue descrita, se encuentra sobre el río Santiago y en el estrecho Angostura, donde toma su nombre, se ubica cronológicamente en el Mioceno Medio.

La formación empieza con un conglomerado basal con clastos volcánicos de unos 400 m de potencia, seguidos de unos 35 m de sedimentos arenosos y silicosos de aspecto masivo, sedimentos que contienen gasterópodos y lamelibranquios. Hacia la parte superior de la formación, pasa gradualmente a arcillas pardas silicosas que contiene foraminíferos, este paso gradual hacia la parte superior es difícil de distinguir, sin embargo los geólogos han realizado la separación de la parte superior de la Formación Angostura, y la nombraron Onzole.



Ilustración 6: Gasterópodos y Lamelibranquios – Fm. Angostura

La Formación Angostura, hacia el sur descansa discordantemente sobre la Formación Piñón y esta sobrepuesta por la Formación Onzole. Aflora al suroeste del área Río Santiago. Se deposita en forma transicional, como resultado de un proceso de transgresión marina.

Formación Onzole (MPI DO)

Sobreyace concordantemente a la Formación Angostura y toma el nombre del Río Onzole afluente del Río Cayapas. Su potencia puede llegar hasta los 250 m, y se estima que pertenece al Mioceno Medio a Superior

La Formación Onzole se encuentra conformada por limolitas de color gris a azuladas, con intercalaciones de lutitas, areniscas finas y en menor proporción, conglomerados generalmente en su base. En sectores contiene abundantes moluscos fósiles y foraminíferos.

Formación Borbón (PI DB) (Stainforth, 1948)

Aflora en el curso inferior del río Santiago frente a la localidad de Borbón. Se inicia con un conglomerado basal visible sobre el río Cayapas, le siguen areniscas poco consolidadas generalmente tobáceas que alternan con arcillas silicosas.

En afloramientos sobre la carretera Quinindé-Esmeraldas, se observa el paso gradual de la Formación Onzole a la Formación Borbón, contiene bancos compactos de areniscas con abundantes megafósiles especialmente moluscos, dientes de peces y foraminíferos.

Su potencia alcanza los 220 m y descansa discordantemente sobre las formaciones Onzole y Playa Grande. Estudios paleontológicos han permitido dar a la Formación Borbón una edad correspondiente al Mioceno Superior – Plioceno.

4.2. Geología Local

La amplia red de drenajes, ha favorecido la erosión hídrica de las rocas sedimentarias de la Cuenca de Borbón que afloran en el sector de estudio; sin embargo la baja pendiente no ha permitido una notable erosión, pues los ríos presentan baja velocidad de arrastre, produciendo el apareamiento de pequeños valles y amplios meandros que provocan re-depósitos sobre todo de los conglomerados, que se presentan con rodados de aspecto semiredondeado con una matriz arenosa, los conglomerados originales más antiguos se caracterizan por tener una matriz más areno-arcillosa y/o areno-caolinítica, sobre todo el conglomerado basal.

El relleno sedimentario de la cuenca terciaria, está conformado por dos ciclos sedimentarios sobre una corteza oceánica del Jurásico – Cretácico (Anexo No.9):

- a) El primer ciclo sedimentario corresponden las formaciones Zapallo, Playa Rica, abarcando desde el Eoceno al Oligoceno Inferior.
- b) Al segundo ciclo, con carácter de marino somero, corresponden las formaciones Angostura, Onzole y Borbón que se sedimentaron entre el Mioceno y Plioceno.

Los depósitos cuaternarios son una mezcla de depósitos marinos y continentales en una zona de estuario, con facies deltaicas y de litoral; mientras los propiamente continentales están constituidos por extensos abanicos de materiales volcanoclásticos de la Formación San Tadeo, expresada como lahares y depósitos tobáceos tipo nube ardiente.

Solo en los principales ríos es posible observar diferentes afloramientos, como es el caso del río Santiago, en la fotografía 4 a continuación, se puede distinguir el depósito discordante de los conglomerados auríferos que corresponderían a depósitos aluviales, que sobre yacen discordantemente a la Formación Borbón.

Este conglomerado presenta poca compactación, disgregándose como una grava con un contenido aurífero de importancia económica; esta baja compactación se debe al contenido litológico, alteración y al poco recubrimiento que se ha depositado sobre él, entre 0,5 hasta 2 m de espesor, factor que ha favorecido a su fácil disgregación y lavado; en este caso la separación y obtención de la fracción pesada que contiene principalmente oro, plata y platino.



Fotografía 4: Estratigrafía Local

La matriz de los conglomerados, en la parte más superficial en unos casos es arcillosa caolinítica, en otros casos es arenosa con presencia de óxidos, el conglomerado con matriz caolinítica generalmente se ubica en la parte inferior, cerca al bedrock y es la que tiene mayor contenido de oro y de tamaño más grueso.

Depósitos Superficiales (Aluviales, Coluviales Terrazas)

A los márgenes de los ríos Cayapas, Santiago, Bogotá y todos los drenajes que conforman la red hidrográfica costanera de la provincia de Esmeraldas, se han depositado materiales aluviales como gravas, arenas que forman islotes, playas fluviales o terrazas, éstas últimas alcanzan potencias variadas de hasta 7 m de altura con respecto al nivel del río.

Los depósitos aluviales de abanico de inundación se encuentran dispuestos a lo largo de la cuenca del Río Santiago, que en su mayor parte conforman amplias llanuras de inundación con valores variables para oro, contenido en los depósitos de grava dentro de una matriz arenosa e intercalaciones lenticulares de arena. Los cantos rodados son redondeados a sub-redondeados, de tamaños centimétricos hasta ocasionalmente métricos. Litológicamente predominan clastos de origen

volcánico como: andesitas, tobas, porfiritas, basaltos, escasos intrusivos granodioríticos y en menor proporción jaspes rojos, negros y escaso cuarzo.

Finalmente, como depósitos de última generación, se tienen amplias áreas cubiertas por niveles areno-limosos de color gris-azulado, en lentes de 1 a 2 m e intercalaciones de arcillas grises. Estos eventos son frecuentes en los cursos inferiores, en los cuales por disminución de pendiente y presencia de geoformas llanas, se producen inundaciones y descarga de los sedimentos fluvio-transportados.

4.3. Geología del yacimiento

Durante la etapa de exploración avanzada en el área fijada “El Porvenir”, en el periodo del 01 al 07 de junio 2013, se realizó el levantamiento de columnas estratigráficas en cada calicata, que se expone posteriormente, información que ha servido para estimar las características del yacimiento.

Los tipos de cantos rodados generalmente, corresponden a rocas grises andesíticas, brechas volcánicas, brechas hidrotermales mineralizadas, volcánicos verdosos mineralizados con sulfuros (oxidados en su superficie), pórfidos caolinizados, pórfidos mineralizados con sulfuros, pequeños jaspes rojos y negros; en menor ocurrencia se observan rodados de rocas intrusivas, con cristales desarrollados en unos casos de hornblenda, cuarzo, feldespatos (granodioritas); también se observan escasamente rodados de rocas carbonatadas con fósiles macroscópicos.

El oro y platino se presentan en la matriz arcillo - arenosa, componente del estrato de grava como se observa en la fotografía 5. El metal precioso se halla disperso, en su mayor parte tiene forma laminar pero también se presenta granular, visibles a simple vista en el concentrado, con dimensiones observadas mayores a 2 milímetros y visibles con lupa; mientras que el platino se halla en muy bajo porcentaje en relación al oro y sus chispas son visibles con lupa.



Fotografía 5: Identificación de los componentes del bloque explotado

Con el fin de profundizar el análisis interpretativo geológico, en la fase de explotación del frente “El Porvenir”, se hizo el levantamiento de perfiles estratigráficos de identificación de las caras de los bloques explotados, ciclo que perduró entre los meses Junio – Septiembre 2013, estudiando y describiendo las diferentes terrazas dentro del área minera de la ENAMI EP.

Los diez perfiles estratigráficos (Anexo No.10) de los bloques explotados en “El Porvenir”, han aportado gran información para caracterizar el yacimiento, que finalmente se expone a continuación:

El depósito de Santiago por sus características geométricas, se ha definido como un yacimiento horizontal, de superficie plana, que como sobrecarga comprende: capa vegetal cuya potencia de recubrimiento va desde los 0,20 a 0,50 m y arcilla con una potencia que varía de 0,80 a 2,00 m; y como material aprovechable se tiene un espesor estimado de las gravas auríferas que van de 2 hasta 10 metros de profundidad en casos más potentes.

- Bedrock

La roca base o lecho de roca corresponde a areniscas consolidadas en matriz arcillo limosa azul – grisáceas y con presencia de fósiles marinos, por lo que se estima corresponde a la Formación Borbón. Este estrato posee una despreciable o casi nula presencia de oro, por lo que no es de nuestro interés económico; sin embargo en la fase de minado se lo extrae aproximadamente 8 cm del mismo ya que ante la presencia de fisuras o discontinuidades puede existir acumulación de oro.

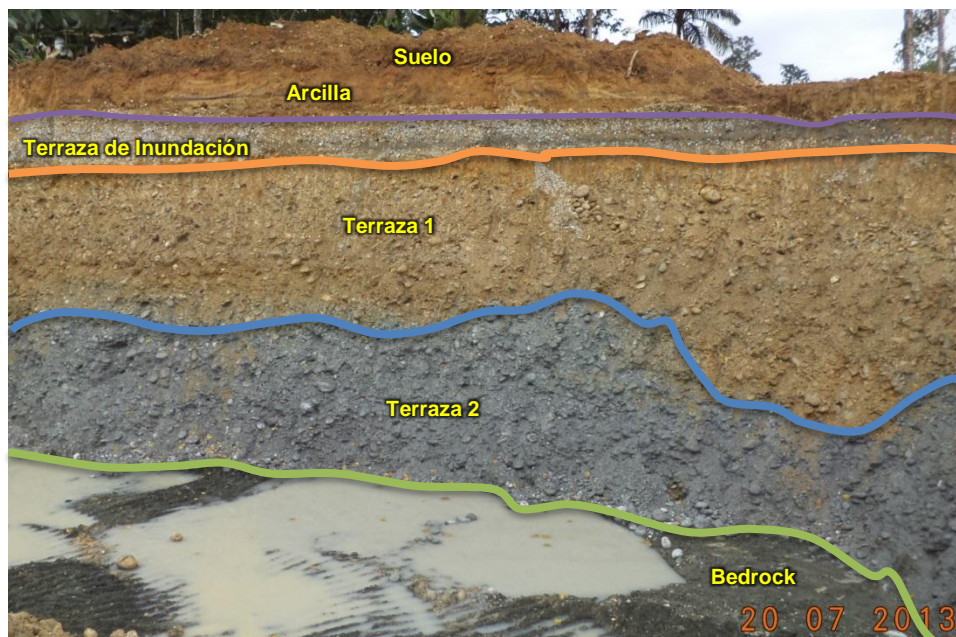
- Características de la Grava

Los cantos rodados son en su mayor parte constituidos por andesitas, tobas, basaltos, brechas, pórfidos y en menor cantidad cuarzos y granodioritas. Habitualmente las gravas poseen formas sub-redondeadas y constituyen el 75% del contenido en volumen, donde el 25% restante pertenece a la matriz.

En general el tamaño de los clastos mayores a 20 cm corresponde al 35%, los clastos de tamaño entre 5 a 20 cm representan el 40%, y el 25% son menores de 5 cm. Los clastos más grandes se ubican sobre el bedrock, en los últimos 2,00 m de grava, y alcanzan tamaños de 40 a 60 cm, son sub-redondeados a sub-angulares.

La matriz varía según el sector, pudiendo ser arcillo-arenosa que por lo común están oxidadas, o de color gris-azulado que hacen que las gravas estén compactadas o semi-compactadas, y en las terrazas de inundación la matriz es arenosa, de colores gris claro, deleznales, frágiles.

De esta manera, en nuestro estudio se han identificado dos terrazas importantes, descritas en la fotografía 6 a continuación:



Fotografía 6: Identificación de Terrazas

Terraza T1:

Estas terrazas son el resultado del re-trabajo al que actualmente están expuestas las terrazas aluviales que contienen oro, y de procesos que se dan en la roca originaria del metal precioso.

Litológicamente se encuentra bien clasificada, compuesta por rodados de rocas volcánicas, granodioritas, pórfidos, brechas, meta sedimentos, areniscas y limos, en una matriz arcillo arenosa. Esta grava tiene un rango débil a moderadamente consolidada, tiende a presentar sus componentes con mediana a baja meteorización, sus tamaños de cantos rodados se encuentran entre los 20 a 5 cm.

Terraza T2:

Esta terraza posiblemente es el resultado de los procesos geológicos de meteorización, transporte y deposición del metal precioso en la roca madre o bedrock.

Litológicamente es de color grisáceo y se encuentra compuesta por rodados de rocas volcánicas mayoritariamente, granodioritas, pórfidos, brechas y jaspes de colores negros. Algunos de sus clastos se hallan en proceso de caolinización, en una matriz arcillo arenosa de color gris. Esta grava tiende a presentar condiciones

de una moderada clasificación de sus gravas, débil a medianamente consolidada y oxidada en su parte superior cuando ésta se encuentra expuesta.

4.4. Mineralización

En base de los datos sobre geología de placeres, muestreo mineralométrico por el método de la batea, estudios de fotografías aéreas e imágenes satelitales, en el Ecuador se determinan cinco distritos auríferos, los mismos que se encuentran ubicados en los flancos oriental y occidental de la Cordillera de Los Andes. Para nuestro estudio se analizará solo el Distrito No. 1 conocido como Esmeraldas – Santiago.

Distrito Esmeraldas - Santiago: Se ubica en el flanco Noroccidental de la Cordillera de Los Andes, ocupando gran parte de la Costa, el origen del oro proviene de las rocas verdes y volcano-sedimentarias de la Unidad Macuchi y Cayo de la Sierra, de los intrusivos ácidos a ultrabásicos y de yacimientos magmáticos tipo diseminados y vetas que han sido erosionadas. La característica de este distrito es la presencia de oro y platino. Los principales tipos de placeres que se encuentran en este distrito son de origen fluvial (terraza, barra, lecho, de corriente).

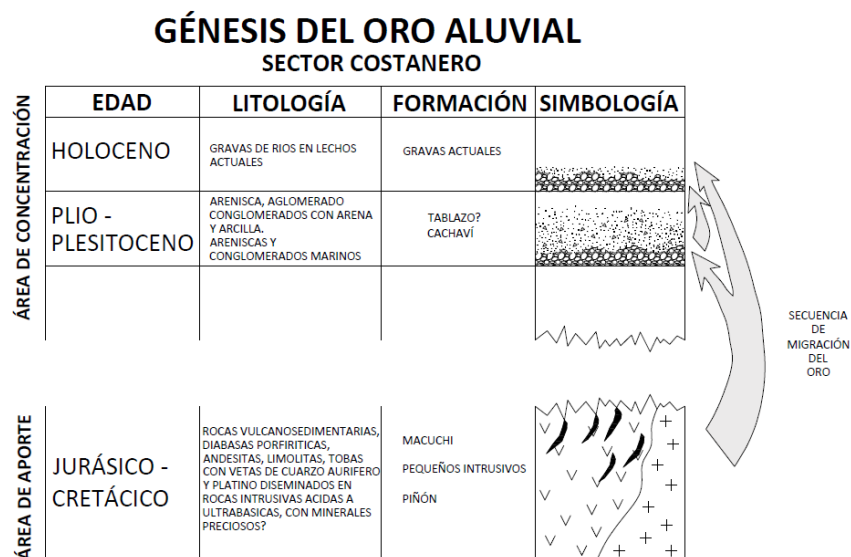


Ilustración 7: Génesis del oro aluvial del Distrito No. 1 Esmeraldas - Santiago

En el distrito Esmeraldas – Santiago, se presenta el oro junto al platino que proviene de rocas ultrabásicas localizadas en la cordillera del Toisán, de sulfuros

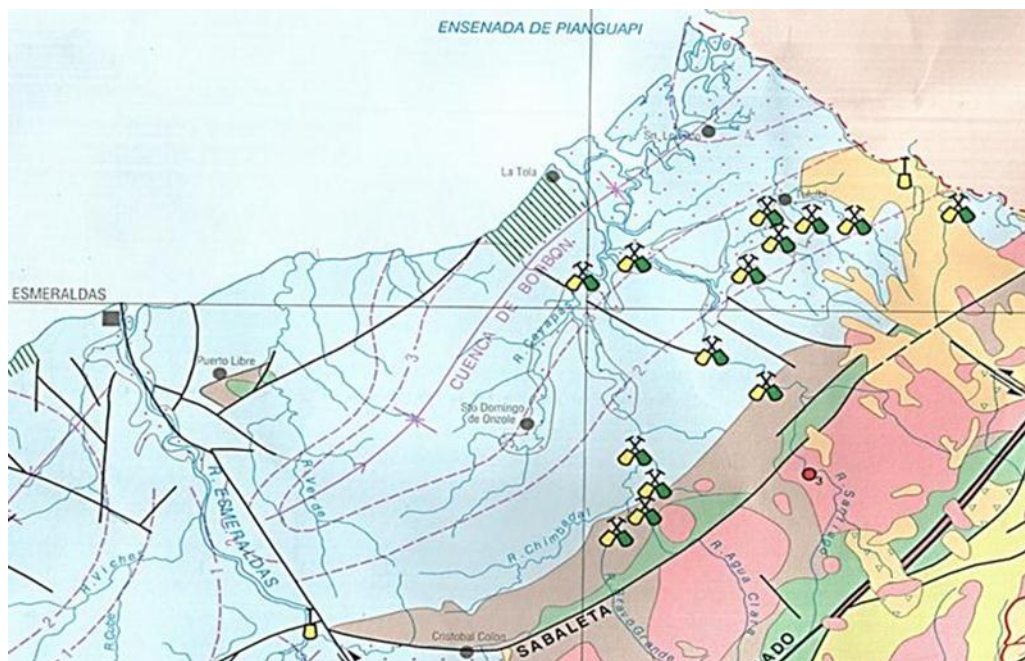
masivos con oro y polimetálicos, de pórfidos de Au-Cu y Cu-Au, de la erosión de las rocas de la Formación Cayo de la Sierra fuertemente silicificados con abundante pirita. Otro origen considerado, es el de formaciones sedimentarias Terciarias que contienen oro como la Formación Canoa, son depósitos extensos que hoy están siendo nuevamente erosionados.

Trabajos previos:

La actividad minera en Santiago – Cayapas, de acuerdo a datos históricos e información verbal de los moradores del sector se viene dando desde tiempos ancestrales e incluso pre-colombinos.

En el año de 1981 – 1982, la Dirección General de Geología y Minas (DGGM) ejecutó el Proyecto denominado Cóndor, el cual tenía como objetivo la prospección de placeres auríferos en el Ecuador. Como resultado de la prospección realizada en el Proyecto Cóndor, la DGGM en 1983, elabora el Mapa de Potencial Aurífero Aluvial del Ecuador, determinándose cinco Distritos Auríferos, reconociendo al Distrito N° 1 Esmeraldas – Santiago.

En el periodo de 1986-1992, se realiza en el sector trabajos de exploración regional y detallada en los sectores de Selva Alegre y Playa de Oro por parte de las empresas mineras GOWUANDA y AURICEM respectivamente, ver mapa 3. Debido a la baja en el precio del oro estas empresas no consideraron económico continuar con los trabajos de explotación y abandonaron sus proyectos.



Mapa 3: Croquis tecto-metalogénico 1:1'000.00 (1993)

Metodología de mapeo: se trabajó sobre bases topográficas a escalas 1:75.000 y 1:25.000, que comprende las hojas topográficas Borbón, Santa Rita y Tululbí; sobre éstas se definió afloramientos de roca, contornos litológicos, terrazas aluviales y pasivos ambientales por explotación minera.

Utilizando imágenes y fotografías aéreas, fue preparada la cartografía base, identificando depósitos aluviales distribuidos a lo largo del drenaje principal, y cuando fue posible, en zonas ya trabajadas como explotación ilegal.

Para determinar la distribución de oro en las terrazas identificadas se utilizó el método gravimétrico de la batea; en los cateos a bedrock se utilizaron plantas concentradoras para procesar todo el volumen de material obtenido de cada uno de ellos.

4.4.1. Caracterización del oro

El oro aluvial proveniente de las gravas del Río Santiago es considerado de tamaño fino, en observaciones realizadas durante las labores de exploración, el 20% de partículas son de 2 a 3 mm de diámetro (#5), mientras que el 80% son menores de 2mm de diámetro (#4, #3, #2, #1 y Tr), en base a la tabla 14.





COLORES	PESO (mg)	ORO	TAMAÑO (mm)	MALLA No.
Tr	0,0125		< 0,25	60
# 1	0,07		0,25 - 0,5	35
# 2	0,37		0,5 - 1,0	18
# 3	1,30		1,0 - 1,5	14
# 4	5,15		1,5 - 2,0	10
# 5	21,70		2,0 - 2,5	8
# 6	38,00		2,5 - 4,0	

Tabla 14: Cuadro de clasificación del oro aluvial en Exploración

4.4.1.1. Clasificación Granulométrica del Oro

Para definir las características del oro presente en el Proyecto Río Santiago, se han realizado varios ensayos granulométricos de las producciones de oro libre procedente de 10 frentes de explotación por parte de los pequeños mineros legalmente asociados a la Empresa Nacional Minera ENAMI EP, ver tabla 15.

SOCIO:	M. Rodríguez	N. Escobar	P. Vivero	Mi. Rodríguez	L. Solórzano	J. Cortez	D. Caicedo	E. Estupiñán	B. Ortiz	J. Cabezas
# Malla	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio	Porcentaje Promedio
> 20	47,2	59,5	52,5	34,1	57,9	63,7	61,2	65,6	50,0	62,3
35	26,2	25,3	29,8	36,9	28,1	28,9	23,8	15,4	31,9	27,2
60	23,8	10,2	13,1	18,4	10,3	5,7	9,6	9,5	13,5	8,1
80	2,2	3,4	3,7	6,7	2,8	1,0	4,4	5,9	3,6	1,6
< 80	0,6	1,6	0,9	3,9	0,9	0,6	1,0	3,6	1,0	0,7

Tabla 15: Resultados de ensayos granulométricos realizados en los frentes mineros asociados a la ENAMI EP

El método de determinación granulométrico más sencillo, consiste en hacer pasar las partículas de oro libre, por una serie de mallas de distintos anchos de entramado, que actúan como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices, como se visualiza en la ilustración 8.



Ilustración 8: Tamices utilizados para el ensayo granulométrico, donde L es el espacio de malla

Al trazar la curva granulométrica de la ilustración 18, nos permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetro) de las partículas de oro.

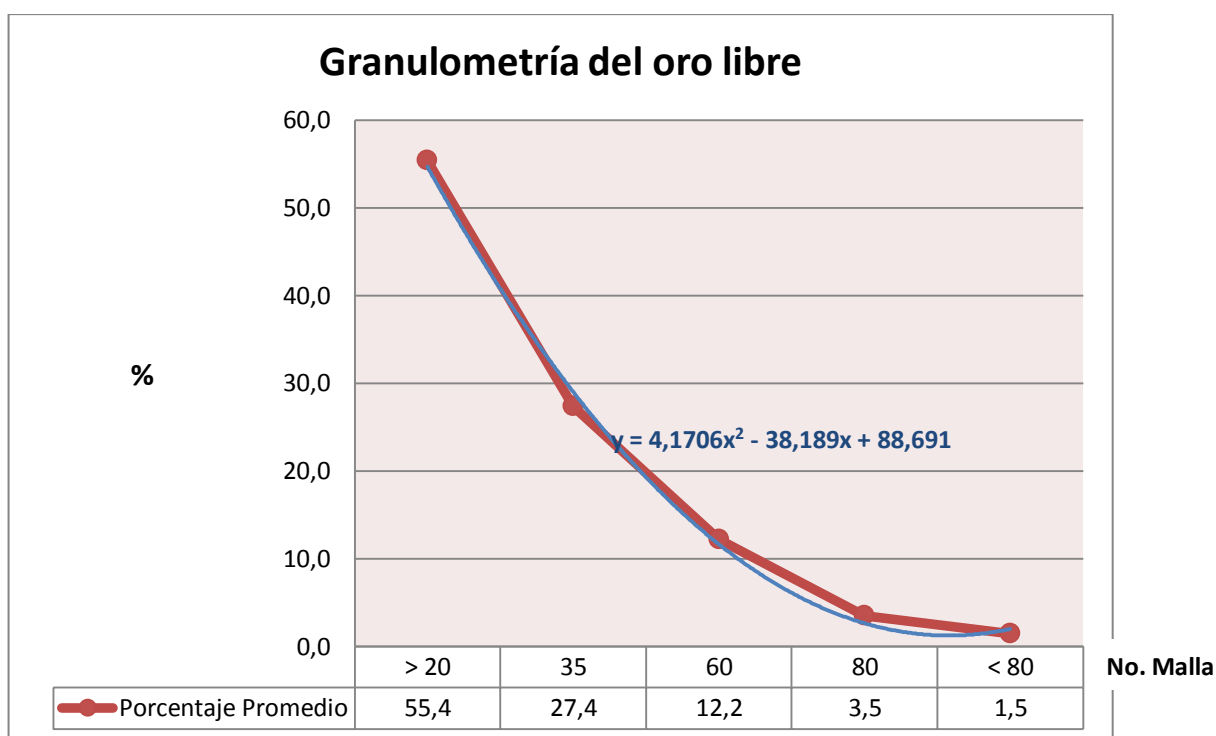


Ilustración 9: Gráfico que representa la tendencia por tamaño del oro libre

La línea de tendencia trazada se ha calculado mediante regresión polinómica, bajo la ecuación: $y = 4,1706x^2 - 38,189x + 88,691$

Dicha ecuación, representa la tendencia de la serie de datos clasificados por los tamaños de las partículas de oro, al analizarla nos informa que el conjunto de datos en particular tiene un comportamiento decreciente. Sin embargo se deduce que el mayor porcentaje de retención de partículas correspondiente al 55,4% se encuentra dentro del rango de tamaño $> 0,85$ mm, como se resume en la siguiente tabla de resultados:

# Malla	Abertura (mm)	Porcentaje Retenido
> 20	> 0,85	55,4
35	0,50	27,4
60	0,25	12,2
80	0,18	3,5
< 80	< 0,18	1,5

Tabla 16: Cuadro resumen del porcentaje retenido en el ensayo granulométrico

4.5. Exploración Minera del frente “El Porvenir”

En el área de estudio al ser una propiedad pequeña de 2 hectáreas, se definió estudiar el sector mediante la exploración avanzada, para evaluar económicamente su potencial. Se realizó cinco calicatas o pozos mecánicos (Anexo No. 3).

4.5.1. Método de “La Malla”

Este método de exploración necesita la división del área a explorar en figuras regulares para la ubicación de las calicatas, que bien pueden ser cuadrados, rectángulos o triángulos, resultando las siguientes redes entre las más aplicadas:

4.5.1.1. Redes Cuadradas y Rectangulares

En este método, los pozos o calicatas están localizados en los vértices de dichas figuras.

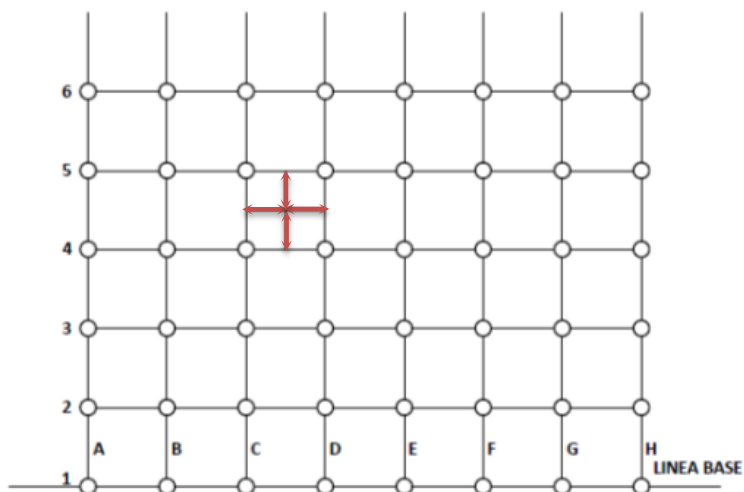


Ilustración 10: Método de la Malla con redes cuadradas

4.5.1.2. Red Triangular

Al utilizar esta metodología, los pozos se localizan de tal manera que al unir dos de una línea, con otro, de otra línea adyacente, se forman triángulos.

Los métodos expuestos se encuentran entre los más utilizados, que además es aplicable en zonas donde se sospecha existe uniformidad en la distribución de valores. Para la zona de El Porvenir, se empleó el Método de La Malla bajo la Red Triangular, ya que es el método que menos exceso de información produce y la que menos área sin evaluar deja, donde para su resolución se calculará por medio del método del Inverso de la Distancia.

4.5.2. Cateos mecánicos mediante pozos exploratorios EVA

Durante el mes de mayo 2013 se planteó las operaciones de cateos mecánicos por medio de pozos exploratorios en el sector de la Terraza denominada “El Porvenir” la cual tiene un área aproximada de 2 ha., las operaciones exploratorias se realizó durante el periodo del 01 al 07 de junio 2013, ver fotografía 7, mismas que al finalizar, los terrenos intervenidos quedaron totalmente remediados.

Para la Exploración Avanzada se contó con una excavadora KOMATSU Pc 200, un equipo móvil de concentración gravimétrica y una bomba de achique para drenar el agua presente en el pozo, a medida que se profundiza hasta llegar al bedrock (Anexo No.11).



Fotografía 7: Lavado y concentrado gravimétrico de muestras

En cada área designada para los cateos, se delimitó un área mínima de impacto resultando un área de 10 x 10 m, donde se distribuyó espacio para la maquinaria y equipos de lavado además para la acumulación de la sobrecarga y la grava lavada.


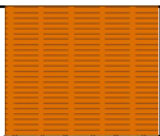



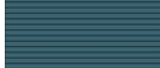
El ancho de los pozos exploratorios se limita a un poco más de las dimensiones y capacidad del cucharón de la excavadora (en función de la profundidad hasta llegar al bedrock) y se va tomando muestras metro a metro, proceso del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

EXPLORACIÓN AVANZADA SECTOR "EL PORVENIR"							
POZO	ESTE	NORTE	COTA (m)	TENOR (g/m ³)	POTENCIA SOBRECARGA (m)	POTENCIA GRAVA (m)	PROFUNDIDAD HASTA EL BEDROCK (m)
EVA-01	737804	10103735	44	0,368	2,50	5,00	7,50
EVA-02	737862	10103734	44	0,412	1,00	4,00	5,00
EVA-03	737707	10103695	43	0,186	3,00	5,5	8,50
EVA-04	737719	10103612	43	0,230	2,00	6,00	8,00
EVA-05	737658	10103653	43	0,110	1,50	6,00	7,50


Tabla 17: Resultados de las calicatas en "El Porvenir"

4.5.2.1. Columnas Estratigráficas de los cateos

CALICATA EVA – 01

		EMPRESA MINERA NACIONAL			
COLUMNA ESTRATIGRAFICA					
Localización:			Proyecto: Selva Alegre		Sistema de Coordenadas: UTM WGS 84
Cantón Eloy Alfaro			Fecha: 01/06/2013		Este: 737804
			Altura		Norte: 10103735
Prof. (m)	COLUMNA LITOGRAFICA	Pot. (m)	tenor (gr/m3)	DESCRIPCION LITOGRAFICA	
0					
2,00		2,50	0,000	Sobrecarga, compuesta por Humus de 0,005 m, arcilla plástica color café amarillento	
4,00		1,00	0,540	Grava gris, matriz areno-arcillosa, con clastos subredondeados compactada	
		1,50		grava oxidada, matriz areno-arcillosa con clastos subredondeados, con diámetros de 0,20m	
6,00		2,50	0,200	grava azulada con clastos subredondeados compactada con diámetros mayores a 0,40 m	
8,00		?	0,000		
10,00				lutitas de la formación Borbón	
<p>Volumen lavado = 6.70 m³ Peso = 2.47 gr Tenor = 0.368 gr/m³</p>					

CALICATA EVA – 02



Enami EP
Entidad Nacional de Aduanas y Muestreo

EMPRESA MINERA NACIONAL

COLUMNA ESTRATIGRAFICA


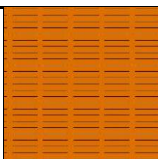

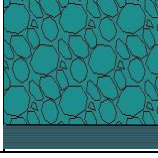

Localización:		Proyecto: Selva Alegre		Sistema de Coordenadas: UTM WGS 84	
Cantón Eloy Alfaro		Fecha: 01/06/2013		Este: 737862	
		Altura		Norte: 10103734	
Prof. (m)	COLUMNA LITOGRAFICA	Pot. (m)	tenor (gr/m3)	DESCRIPCION LITOGRAFICA	
0					
		1,00		Sobrecarga, compuesta por Humus de 0,005 m, arcilla plástica color café amarillento	
2,00		4,00		grava oxidada, matriz areno-arcillosa con clastos subredondeados, con diámetros de 0,20m	
4,00			0,412		
6,00				limonitas de la formación Borbon	

Volumen lavado= 8 m³




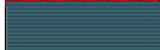
Peso = 3,30gr

Tenor = 0,412 gr/m³




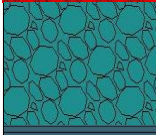
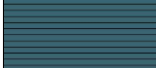
CALICATA EVA – 03

		EMPRESA MINERA NACIONAL			
COLUMNA ESTRATIGRAFICA					
Localización:			Proyecto: Selva Alegre		Sistema de Coordenadas: UTM WGS 84
Cantón Eloy Alfaro			Fecha: 04/06/2013		Este: 737707
			Altura		Norte: 10103695
Prof. (m)	COLUMNA LITOGRAFICA	Pot. (m)	tenor (gr/m3)	DESCRIPCION LITOGRAFICA	
0					
2,00		3,00		Sobrecarga, compuesta por Humus de 0,005 m, arcilla plástica color café amarillento	
4,00		1,50	0,186	Grava oxidada, matriz areno-arcillosa, con clastos subredondeados compactada con rodado menores a 0,10m	
6,00		1,50		grava oxidada, matriz areno-arcillosa con clastos subredondeados, con diámetros de 0,20m	
8,00		2,50		grava azulada con clastos subredondeados compactada con diámetros mayores a 0.40 m	
9,00				lutitas de la formación Borbón	
<div>Volumen lavado= 6,80 m³ Peso = 1,265 gr Tenor = 0.186 gr/m³</div>					

CALICATA EVA – 04

		EMPRESA MINERA NACIONAL			
COLUMNA ESTRATIGRAFICA					
Localización:			Proyecto: Selva Alegre		Sistema de Coordenadas: UTM WGS 84
Cantón Eloy Alfaro			Fecha: 05/06/2013		Este: 737719
			Altura		Norte: 10103612
Prof. (m)	COLUMNA LITOGRAFICA	Pot. (m)	tenor (gr/m3)	DESCRIPCION LITOGRAFICA	
0					
2,00		2,00		Sobrecarga, compuesta por Humus de 0,005 m, arcilla plástica color café amarillento	
4,00		6,00		grava oxidada, matriz areno-arcillosa con clastos subredondeados, con diámetros de 0,01m a 0,50m bien compactada	
6,00					
8,00			0,23		
9,00				limonitas de la formación Borbón	
<div>Volumen lavado =9,60 m³ Peso = 2,20 gr Tenor = 0,230 gr/m³</div>					

CALICATA EVA – 05

		EMPRESA MINERA NACIONAL			
COLUMNA ESTRATIGRAFICA					
Localización:			Proyecto: Selva Alegre		Sistema de Coordenadas: UTM WGS 84
Cantón Eloy Alfaro			Fecha: 06/06/2013		Este: 737658
			Altura		Norte: 10103653
Prof. (m)	COLUMNA LITOGRAFICA	Pot. (m)	tenor (gr/m3)	DESCRIPCION LITOGRAFICA	
0					
		1,50		Sobrecarga, compuesta por Humus de 0,005 m, arcilla plástica color café amarillento	
2,00		3,50	0,11	grava oxidada, matriz areno-arcillosa con clastos subredondeados, con diámetros de 0,01m a 0,20m compactada	
4,00					
6,00				2,50	grava azulada matriz areno arcillosa con clastos subredondeados compactada con diátros mayores a 0.40 m a 0.70m
8,00					
10,00				limonitas de la formación Borbón	
<div>Volumen lavado = 6,90 m³ Peso = 0,77 gr Tenor = 0.110 gr/m³</div>					

4.5.3. Evaluación de Reservas

4.5.3.1. Cálculo por la metodología del Inverso Cuadrado de la Distancia

El método del inverso de la distancia se basa en lo siguiente: *Asignar mayor peso a las muestras cercanas y menor peso a las muestras alejadas de la zona S (zona de estudio)*. Esto se consigue al ponderar las leyes obtenidas por $\frac{1}{di^\alpha}$, donde $\alpha = 1, 2, \dots$; di = distancia entre la muestra i y el centro de gravedad de S^9 .

Si $\alpha = 1$, se tiene el inverso de la distancia (di)

Si $\alpha = 2$, se tiene el inverso del cuadrado de la distancia (di^2)

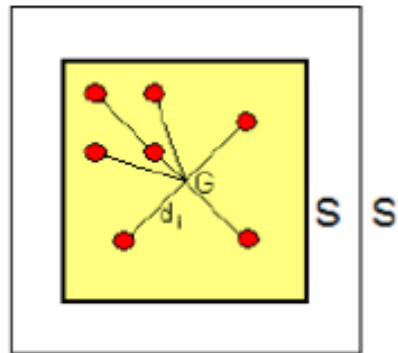


Ilustración 11: Teoría del Método del Inverso Cuadrado de la distancia

Entre las ventajas que nos ofrece el presente cálculo, es lo simple y fácil de calcular, además se adapta mejor en estimaciones locales que globales; por otra parte puede atribuir demasiado peso a las muestras cercanas al centro de gravedad G, sin embargo no toma en cuenta la forma ni el tamaño de S.

a. Cálculo de la Potencia Promedio del Bloque

$$Potencia_{promedio} = \frac{\sum Potencias}{n}$$

Donde, n = número de potencias

⁹ Estimación de Recursos Mineros, Dr. Marco Antonio Alfaro Sironvalle, 2007, págs. 8-10

POTENCIA PROMEDIO BLOQUE “A”

$$P_A = \frac{P_{EVA-03} + P_{EVA-04} + P_{EVA-05}}{n}$$

$$P_A = \frac{5,50 \text{ m} + 6,00 \text{ m} + 6,00 \text{ m}}{3} = 5,83 \text{ m}$$

POTENCIA PROMEDIO BLOQUE “B”

$$P_B = \frac{P_{EVA-01} + P_{EVA-03} + P_{EVA-04}}{n}$$

$$P_B = \frac{5,00 \text{ m} + 5,50 \text{ m} + 6,00 \text{ m}}{3} = 5,50 \text{ m}$$

POTENCIA PROMEDIO BLOQUE “C”

$$P_C = \frac{P_{EVA-01} + P_{EVA-02} + P_{EVA-04}}{n}$$

$$P_C = \frac{5,00 \text{ m} + 4,00 \text{ m} + 6,00 \text{ m}}{3} = 5,00 \text{ m}$$

b. Cálculo del Área del Bloque

Fórmula de Herón:

- Semiperímetro del Triángulo $s = \frac{a+b+c}{2}$

Donde, $a, b, c = \text{lados del triángulo}$

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

ÁREA DEL BLOQUE “A”

$$s_A = \frac{64,54 + 73,50 + 83,86}{2} = 110,95 \text{ m}$$

$$A_A = \sqrt{110,95 (110,95 - 64,54)(110,95 - 73,50)(110,95 - 83,86)} \\ = 2.284,33 \text{ m}^2$$

ÁREA DEL BLOQUE “B”

$$s_B = \frac{104,92 + 149,51 + 83,86}{2} = 169,14 \text{ m}$$

$$A_B = \sqrt{169,14 (169,14 - 104,92)(169,14 - 149,51)(169,14 - 83,86)} \\ = 4.265,14 \text{ m}^2$$

ÁREA DEL BLOQUE “C”

$$s_C = \frac{58,26 + 149,51 + 187,97}{2} = 197,87 \text{ m}$$

$$A_C = \sqrt{197,87 (197,87 - 58,26)(197,87 - 149,51)(197,87 - 187,97)} \\ = 3.636,7126 \text{ m}^2$$

c. Cálculo del Volumen del Bloque

$\text{Volumen} = \text{Área}_{\text{Bloque}} \times \text{Potencia}_{\text{Promedio-Bloque}}$
--

VOLUMEN DEL BLOQUE “A”

$$V_A = A_A \times P_A$$

$$V_A = 2.284,33 \text{ m}^2 \times 5,83 \text{ m} = 13.324,50 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DEL BLOQUE “B”

$$V_B = A_B \times P_B$$

$$V_B = 4.265,14 \text{ m}^2 \times 5,50 \text{ m} = 23.458,27 \text{ m}^3$$

VOLUMEN DEL BLOQUE “C”

$$V_C = A_C \times P_C$$

$$V_C = 3.636,71 \text{ m}^2 \times 5,00 \text{ m} = 18.183,56 \text{ m}^3$$

d. Cálculo de la Ley del Bloque

$$\text{Ley Bloque} = \frac{\frac{L1}{d1^2} + \frac{L2}{d2^2} + \frac{L3}{d3^2}}{\frac{1}{d1^2} + \frac{1}{d2^2} + \frac{1}{d3^2}}$$

Donde, $L = \text{Ley del pozo}$

LEY DEL BLOQUE “A”

$$LB_A = \frac{\frac{L_{EVA-03}}{d1^2} + \frac{L_{EVA-04}}{d2^2} + \frac{L_{EVA-05}}{d3^2}}{\frac{1}{d1^2} + \frac{1}{d2^2} + \frac{1}{d3^2}}$$

$$LB_A = \frac{\frac{0,186}{(42,74)^2} + \frac{0,230}{(50,78)^2} + \frac{0,110}{(34,03)^2}}{\frac{1}{(42,74)^2} + \frac{1}{(50,78)^2} + \frac{1}{(34,03)^2}} = 0,1590 \frac{g}{m^3}$$

LEY DEL BLOQUE “B”

$$LB_B = \frac{\frac{L_{EVA-01}}{d4^2} + \frac{L_{EVA-03}}{d5^2} + \frac{L_{EVA-04}}{d6}}{\frac{1}{d4^2} + \frac{1}{d5^2} + \frac{1}{d6^2}}$$

$$LB_B = \frac{\frac{0,368}{(88,94)^2} + \frac{0,186}{(31,96)^2} + \frac{0,230}{(68,99)^2}}{\frac{1}{(88,94)^2} + \frac{1}{(31,96)^2} + \frac{1}{(68,99)^2}} = 0,2105 \frac{g}{m^3}$$

LEY DEL BLOQUE “C”

$$LB_A = \frac{\frac{L_{EVA-01}}{d7^2} + \frac{L_{EVA-02}}{d8^2} + \frac{L_{EVA-04}}{d9^2}}{\frac{1}{d7^2} + \frac{1}{d8^2} + \frac{1}{d9^2}}$$

$$LB_C = \frac{\frac{0,368}{(20,71)^2} + \frac{0,412}{(51,57)^2} + \frac{0,230}{(140,92)^2}}{\frac{1}{(20,71)^2} + \frac{1}{(51,57)^2} + \frac{1}{(140,92)^2}} = 0,3714 \frac{g}{m^3}$$

e. Cálculo de Reservas Probadas por Bloque

$$\text{Reserva por Bloque} = \text{Ley del Bloque} \times \text{Volumen del Bloque}$$

RESERVA DEL BLOQUE “A”

$$RP_A = LB_A \times V_A$$

$$RP_A = 0,1590011 \frac{g}{m^3} \times 13.324,50 m^3 = 2.118,61 g$$

RESERVA DEL BLOQUE “B”

$$RP_B = LB_B \times V_B$$

$$RP_B = 0,2105166 \frac{g}{m^3} \times 23.458,27 m^3 = 4.938,35 g$$

RESERVA DEL BLOQUE “C”

$$RP_C = LB_C \times V_C$$

$$RP_C = 0,37147928 \frac{g}{m^3} \times 18.183,56 m^3 = 6.754,81 g$$

TOTAL	RESERVAS PROBADAS	13.811,78 g Au
-------	-------------------	----------------

f. Cálculo del Volumen del Yacimiento

$$V_{YACIMIENTO} = \sum V_{BLOQUE}$$

$$\begin{aligned} V_{YACIMIENTO} &= 13.324,50 + 23.458,27 + 18.183,56 \\ &= 54.966,34 m^3 \text{ de grava aurífera} \end{aligned}$$

g. Cálculo de la Ley Promedio Ponderada

$$Ley\ promedio\ ponderada = \frac{\sum (Ley_{BLOQUE} \times V_{BLOQUE})}{\sum V_{BLOQUE}}$$

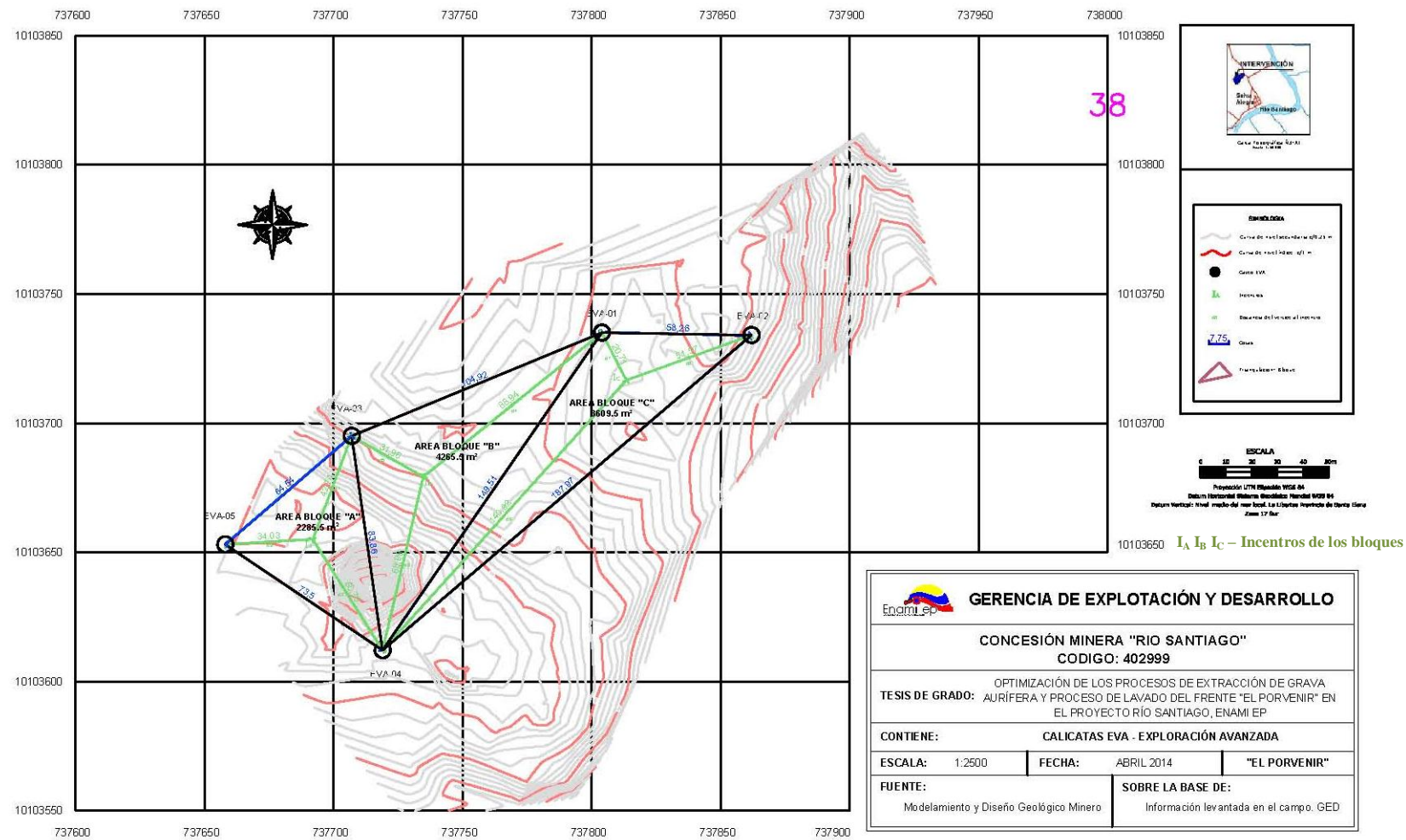
$$Ley\ promedio\ ponderada = \frac{13.811,78}{54.966,34} \frac{g\ Au}{m^3}$$

$$Ley\ promedio\ ponderada = 0,251 \frac{g\ Au}{m^3}$$

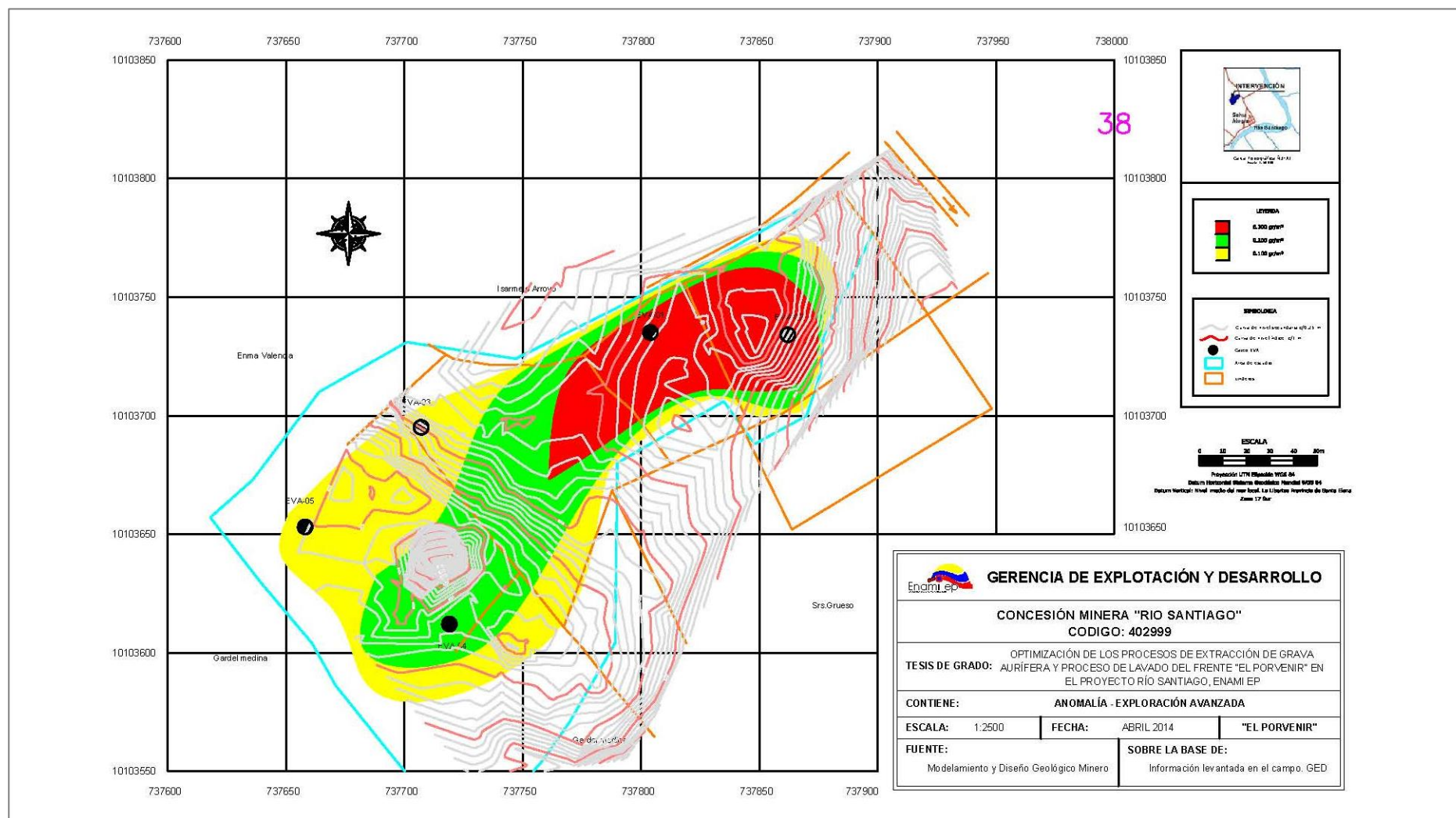
TABLA RESUMEN DE RESERVAS

BLOQUE	POZOS	POTENCIA (m)	LEY DEL POZO (g/m ³)	ÁREA DEL BLOQUE (m ²)	VOLUMEN DEL BLOQUE (m ³)	DISTANCIA (m)		LEY DEL BLOQUE (g Au/m ³)	RESERVAS PROBADAS POR BLOQUE (g Au)
"A"	EVA-03	5,50	0,186	2284,3321	13324,50	d1	42,74	0,1590011	2118,61
	EVA-04	6,00	0,230			d2	50,78		
	EVA-05	6,00	0,110			d3	34,03		
PROMEDIO "A"		5,83							
"B"	EVA-01	5,00	0,368	4265,1412	23458,27	d4	88,94	0,2105166	4938,35
	EVA-03	5,50	0,186			d5	31,96		
	EVA-04	6,00	0,230			d6	68,99		
PROMEDIO "B"		5,50							
"C"	EVA-01	5,00	0,368	3636,7126	18183,56	d7	20,71	0,3714792	6754,81
	EVA-02	4,00	0,412			d8	51,57		
	EVA-04	6,00	0,230			d9	140,92		
PROMEDIO "C"		5,00							
TOTAL					54966,34	TOTAL			13811,78

Para los cálculos de reservas, se utilizó el mapa 4 donde se graficó la triangulación entre calicatas, y finalmente se dibujó la anomalía según los tenores que presentó cada pozo de exploración, ver mapa 5.



Mapa 4: Triangulación y cálculo de reservas



Mapa 5: Anomalia y tenores de oro

CAPÍTULO V

5. MINERÍA

5.1 Características técnicas del depósito aluvial

Los placeres aluviales resultan de la fracturación, meteorización y transporte de yacimientos primarios, que se concentran a lo largo de los sistemas hídricos, bajo características específicas de depositación natural muy variada. Según las condiciones del depósito se han establecido criterios técnicos para la elección y mecanización de las labores mineras.

Tomando en consideración que el depósito de “El Porvenir” es de tipo isométrico de morfología generalmente plana con ángulos de buzamiento que varía de 0 a 10°, situado en terreno llano, se define como horizontal. Catalogado como no uniforme, porque presenta estratos de grava de bajo contenido aurífero y estratos de alto contenido aurífero; donde para su extracción se realiza mediante la mezcla y homogenización de los diferentes estratos, siempre y cuando resulte económicamente rentable.

El abastecimiento de agua requerida por la Planta de Lavado MPP-100, se encuentra en cantidad suficiente por la cercanía a piscinas, formadas por cortes (bloques de extracción con diferentes dimensiones) explotados antiguamente por mineros ilegales, esta agua se utilizará para el sistema de lavado de la grava aurífera y además se recirculará el agua del proceso de lavado.

Los análisis efectuados sobre el comportamiento de la grava a la que corresponden sus propiedades físico mecánicas¹⁰, se determinó el ángulo de fricción interna de 20°, un peso específico promedio de la grava de 2.15 gr/cm³ y con ángulo de talud natural de 36°.

La cantidad de material trabajado para procesar y lavar, en nuestro caso nos designa como pequeña minería, bajo un volumen de tratamiento de grava

¹⁰ Núñez Gabriel, Tesis de grado

alrededor de los 1000 m³/día.

5.2 Sistema de explotación

Para la extracción de grava aurífera existen varios métodos a utilizarse, los cuales están en dependencia de las características minero – geológicas del depósito. Además dependerá de la cantidad de sobrecarga existente y del coeficiente mínimo de destape.

El conjunto de trabajos mineros que se efectúa en la superficie terrestre con la finalidad de extraer las gravas auríferas, se denomina explotación a cielo abierto. Como resultado de estas actividades mineras en la superficie se forman diferentes labores mineras que sirven para la explotación del depósito aluvial, sin necesidad de la utilización de explosivos, denominados Cortes (bloques de extracción de grava aurífera, generalmente de 25 x 25 metros), ver ilustración 12.

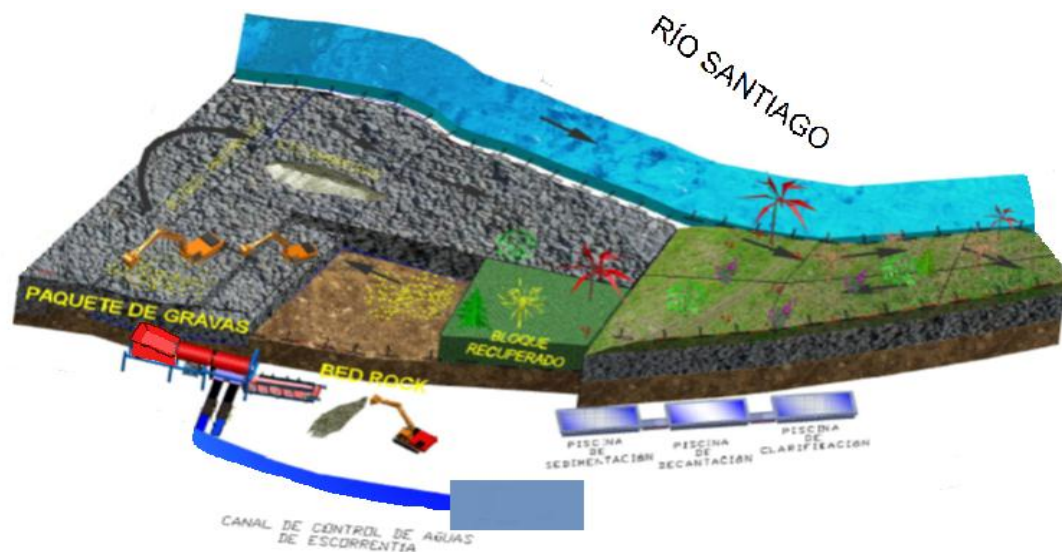


Ilustración 12: Procedimiento de Minado

Cuando se trabaja a cielo abierto, uno de los factores más importantes en la selección del método de explotación es la cantidad de agua existente en el área del depósito. Los depósitos aluviales pueden ser explotados, ya sea por un método seco, por un método húmedo o por métodos combinados. Si el depósito está sumergido o saturado de agua éste puede ser explotado mediante una draga. En el método de explotación seca, que se aplica en este caso, se puede usar equipos de arranque como: excavadoras, buldóceres, cargadoras frontales. porque las terrazas se encuentran a considerable altura del nivel de agua del Río Santiago, donde la grava

aurífera presenta estratos en capas horizontales o de baja pendiente, manteniendo contactos definidos con el recubrimiento o sobrecarga existente, lo cual facilita su extracción.

Como la mineralización no es uniforme en toda la terraza, existen zonas de enriquecimiento que dan el verdadero valor al depósito, donde para la extracción se realiza por medio de bloques seleccionados siguiendo una dirección continua, a lo largo de los entrampamientos naturales (paleocanales).

5.2.1 Coeficiente de destape

El coeficiente de destape se define como la relación existente entre el volumen de material estéril y el volumen de material extraído. Para este proyecto se tendrá que destapar aproximadamente 0.25 m³ de sobrecarga por cada m³ de grava aurífera o retirar 1m³ de sobrecarga por cada 4 m³ de grava según la relación 1:4.

$$Km = \frac{Ve}{Vm}$$

$$Km = \frac{10000 [m^2] * 1,25 [m]}{10000 [m^2] * 5,00 [m]}$$

$$Km = 0.25 \rightarrow 1:4$$

Donde:

Km = Coeficiente de destape

Ve = Volumen de estéril [m³]

Vm = Volumen de mineral [m³]

} Durante la fase de explotación
de grava aurífera

Se deduce entonces que la explotación aplicada en el frente de “El Porvenir” será a Cielo Abierto del tipo de placer aluvial. El costo de la extracción mineral depende mayormente del volumen de material estéril (desbroce y destape de la sobrecarga), que en nuestro caso el valor del coeficiente resulta como un factor favorable para su explotación.

5.3 Método de explotación

Los parámetros geológicos mineros del yacimiento en el Proyecto Río Santiago han definido el método de explotación a cielo abierto, según lo descrito y analizando las condiciones geológicas junto con las características minero-técnicas del depósito, se ha seleccionado el *Sistema de Extracción en Seco*.

Debido al agua contenida en las terrazas de materiales que forman este aluvial, causado por filtraciones desde el río; se utiliza para su desagüe, 1 bomba de succión que permite drenar para extraer el material en seco, evitando así las pérdidas ocurridas por el lavado del mismo al ser extraído.

La metodología de extracción utilizada es el de Avance por Franjas, dispuestas en bancos de 4 a 5 m de altura y alrededor de 75° de talud. Se establecerá de escombreras temporales para la cobertura vegetal, y otra escombrera de suelos y sobrecarga, que servirán para la reconfiguración del terreno explotado y cierre de mina. En el frente de explotación se tiene una escombrera de estériles temporal de relaves que se moviliza conforme la dirección de explotación.



Fotografía 8: Conformación de la escombrera de material orgánico y suelo

Posteriormente conforme el avance y según la dirección de explotación se irá reconfigurando las secciones ya explotadas, relleno el espacio con material de las escombreras, se cubre con la sobrecarga almacenada y se repone el suelo.

Para el manejo de piscinas de relaves, producto del lavado de la grava aurífera, se aplica tratamientos como: procesos de sedimentación, decantación y clarificación, ver fotografía 9; generalmente utilizando piscinas ya explotadas abandonadas, conservando las mismas dimensiones.



Fotografía 9: Sistema de recirculación de agua

Ésta metodología permite la recirculación de las aguas, donde el agua almacenada en la piscina reservorio es utilizada en el proceso de lavado y concentración gravimétrica de las gravas auríferas, fluido que después de ser sometido a un proceso de decantación, filtración y sedimentación, es enviado a la piscina reservorio para ser reutilizado en un ciclo continuo y cerrado en el lavado de la grava aurífera que alimenta a la planta de lavado, como se indica en la ilustración 13. La gran ventaja de este proceso, es que permite no utilizar fuentes primarias de agua, previniendo cualquier impacto ambiental sobre la calidad de la misma.

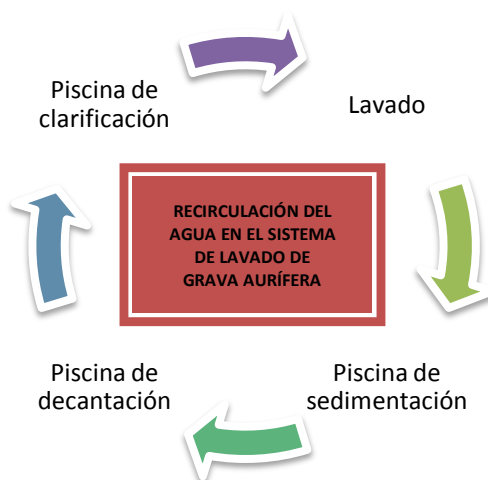
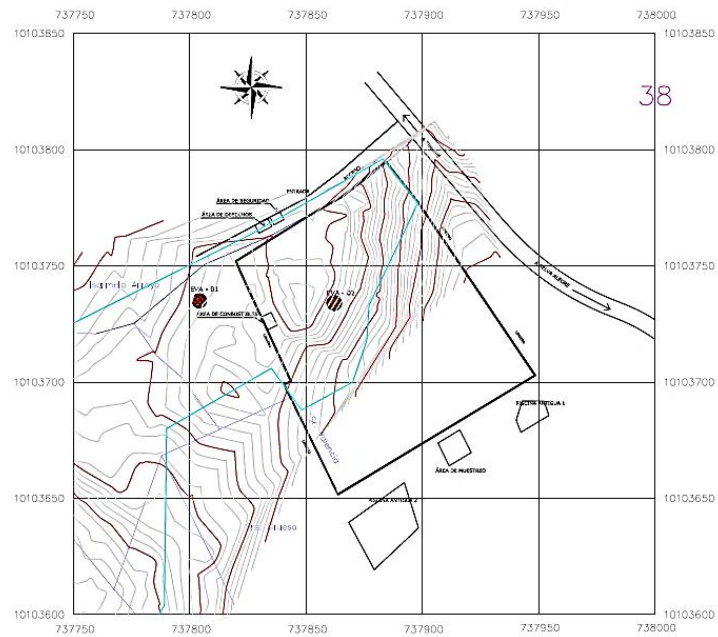


Ilustración 13: Proceso secuencial de recirculación de agua

5.3.1. Preparación de bloques para su extracción

Se ha delimitado el bloque de “El Porvenir” a ser minado por medio de topografía y una marcación con balizas o jalones, como auxiliar para la visualización de los operadores que trabajan en el desbroce, ver mapa 6.



Mapa 6: Superficie de intervención "El Porvenir"

5.3.1.1 Desbroce de la vegetación

Delimitada el área de trabajo se procede al desbroce de la vegetación en el frente de extracción, lo cual consiste en retirar la cobertura vegetal de bosque secundario del área no explotada. Dicha actividad se lo realiza con la ayuda de dos excavadoras KOMATSU PC200 y un buldócer KOMATSU D65EX.



Fotografía 10: Desbroce

En dicho sector no existe bosque primario ya que se trata de un área impactada y con ciertas zonas agrícolas. La cobertura vegetal es acumulada hacia la escombrera temporal por el buldócer, como se observa en la fotografía 10.

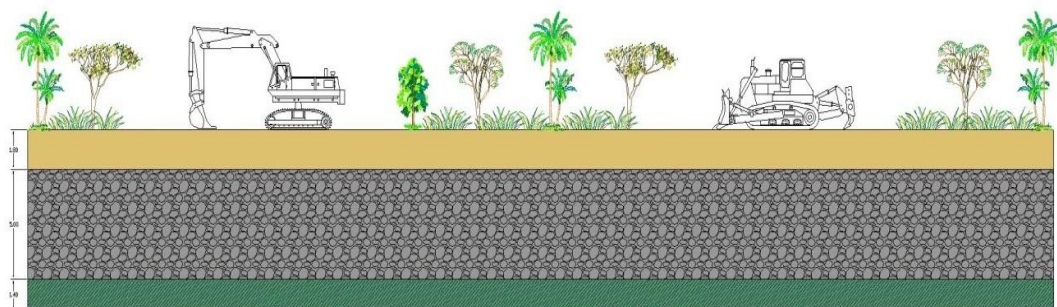


Ilustración 14: Esquema de labores de desbroce

5.3.1.2 Destape del frente de trabajo

El destape de la superficie a minar, consiste en la remoción de la sobrecarga que generalmente está conformada por una capa de arcilla, y en ciertos casos grava con bajo contenido aurífero.

Esta labor se sigue bajo una dirección de destape de N30°E, los materiales se colocan al borde del bloque a minarse en un sitio denominado escombrera temporal de sobrecarga y se cubren con geomembrana para evitar pérdidas por escorrentía.



Fotografía 11: Destape

Esta operación se la realiza con una o dos excavadora KOMATSU Pc 200 hasta llegar a la grava aurífera, que es extraída por las excavadoras según la dirección

de arranque del bloque a explotarse, al tratarse de un material arcillo-arenoso con potencia media de 1.70 metros, además de una capa superior de 0.05 a 0.20 metros de suelo vegetal; que se acumula y almacena en escombreras para la posterior reconformación y cierre de mina, ver ilustración15.

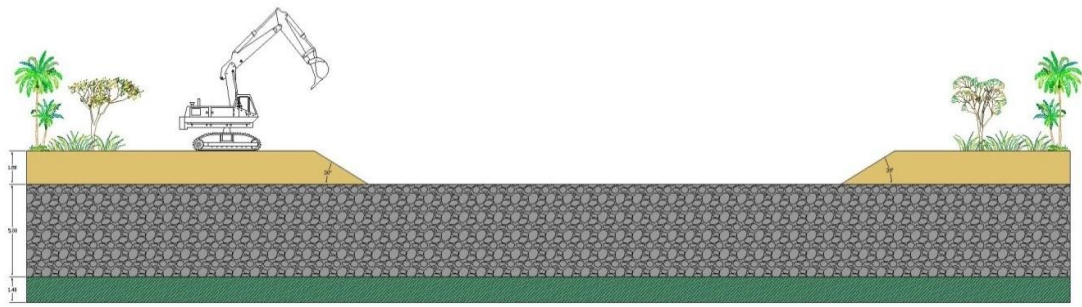


Ilustración 15: Esquema de labores de destape de sobrecarga

5.3.2 Explotación Minera

5.3.2.1. Extracción de la Grava Aurífera

El arranque de la grava se lo realiza en dirección S60°E, iniciando con una trinchera de corte paralela al cauce del Río, actividad minera que la realizan dos excavadoras KOMATSU Pc 200 con 0,8 m³ de capacidad del cucharón, ver las fotografías a continuación.



Fotografía 12: Arranque de la grava aurífera

Se arranca la grava por medio de un sistema de banqueo desde la parte superior mediante trincheras de corte, extrayendo la grava de forma sistemática hasta llegar

al bedrock en bancos descendentes. Dichas trincheras además ayudan al drenaje por gravedad del agua del nivel freático, de cierta forma que en un extremo de la trinchera se construye un pozo que capta el agua drenada que se evacúa con una bomba de succión de 6 pulgadas.

Considerando la potencia del banco que no sobrepasará los 4.50 metros de profundidad, se sitúa una excavadora en el techo del banco que conformará las trincheras de corte que tienen un ancho de 5 metros, profundidad de 4.50 metros hasta el bedrock del cual se extrae alrededor de 20 centímetros de “barrido” para evitar pérdidas auríferas ya que la mayor concentración se deposita en el contacto de la grava aurífera con el bedrock, y del largo del bloque conforme avanza la explotación en franjas, ver ilustración 16.

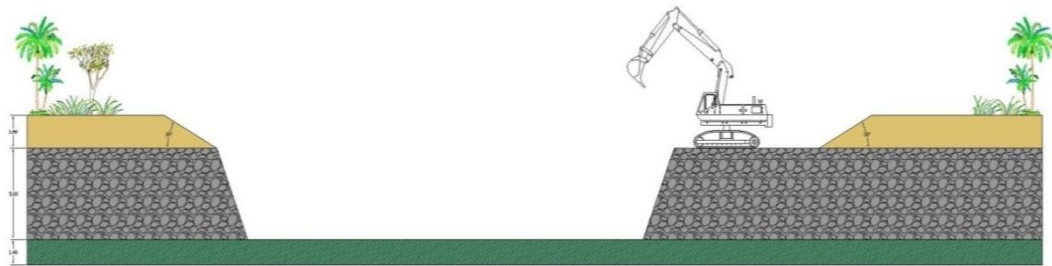


Ilustración 16: Esquema de extracción de la grava aurífera

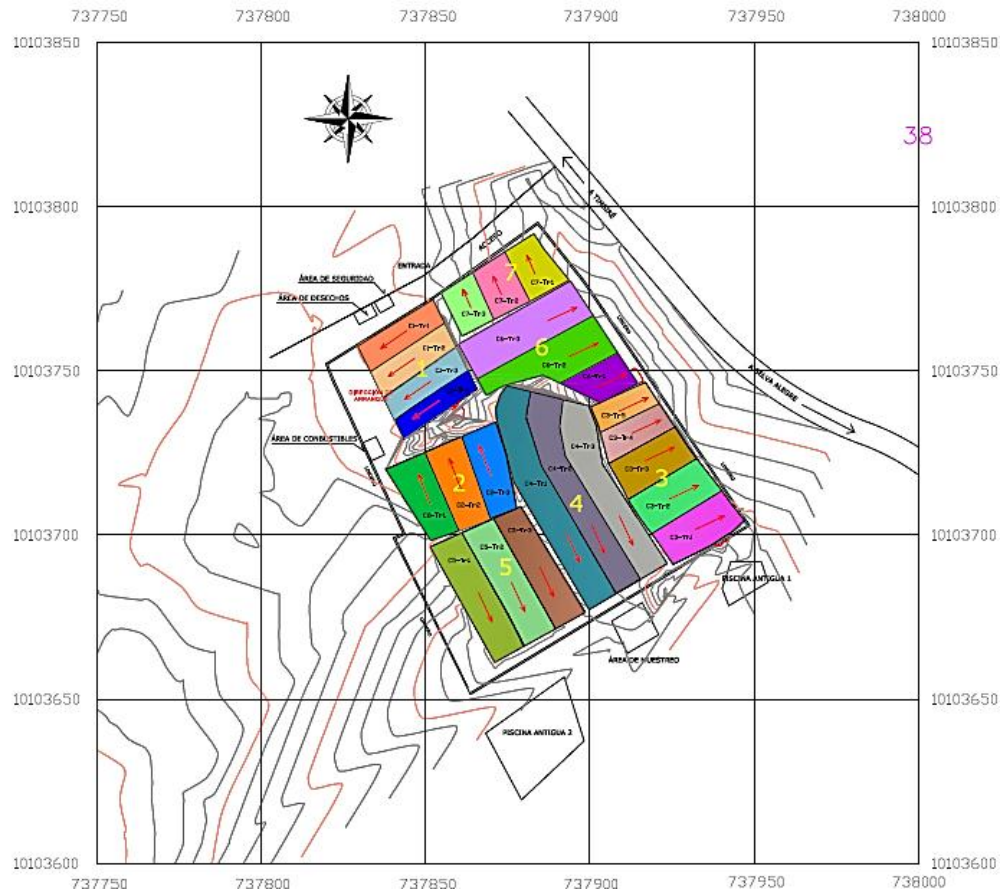
CORTE	DATOS DEL CORTE				RESERVAS			ORO LIBRE RECUPERADO (g)	CALCULOS	
No.	SUPERFICIE (m²)	POTENCIA			PROBADAS (m³)	PROBABLES (m³)	POSIBLES (m³)		LEY DEL CORTE (g/m³)	Coef. Destapa temporal esteril/min
		SUELO (m)	SOBRECARGA (m)	GRAVA AURÍFERA (m)						
1	827,93	0,20	1,05	4,32	3.576,64	24.159,04	47.272,04	299,49	0,084	0,29
2	846,23	0,20	1,06	4,04	3.418,77	22.872,38	47.748,95	1.003,76	0,063	0,31
3	1.235,41	0,20	1,03	4,11	5.077,51	26.379,88	52.154,06			0,30
4	1.760,51	0,20	1,05	4,23	7.446,97	29.625,74	57.317,07			0,30
5	1.194,48	0,20	1,05	4,19	5.004,88	25.396,23	51.865,08	290,34	0,058	0,30
6	1.076,71	0,20	1,01	4,52	4.866,73	26.127,22	52.137,26	227,55	0,047	0,27
7	561,12	0,20	1,05	4,36	2.446,47	21.578,87	45.376,88	112,51	0,046	0,29
	7502,38			4,25	31.837,97	176.139,35	353.871,35	1.933,65	0,061	

Tabla 18: Cuadro de Producción y Reservas en el frente El Porvenir

El arranque se inició realizando dos trincheras de corte, la una al inicio del bloque y la otra perpendicular, dando una forma de L; las mismas ayudan al drenaje natural por gravedad del agua del nivel freático. Al final de la trinchera se

construye un pozo que capta las aguas y se desalojan mediante una bomba de succión.

En el frente “El Porvenir” se explotaron en total siete bloques (Anexo No. 12), en el mapa 7 se indica por medio de flechas rojas la dirección de arranque de la grava aurífera por medio de trincheras.



Mapa 7: Dirección de Arranque

5.3.2.1.1. Estabilización de Taludes

La estabilidad de los taludes en una explotación a cielo abierto no solamente es un aspecto de fundamental importancia, sino que es una de las claves de la viabilidad del proyecto, su seguridad y su rentabilidad. Es por ello que debe ser analizada desde las etapas iniciales del proyecto, ser comprobada y seguida con los datos obtenidos durante la explotación.

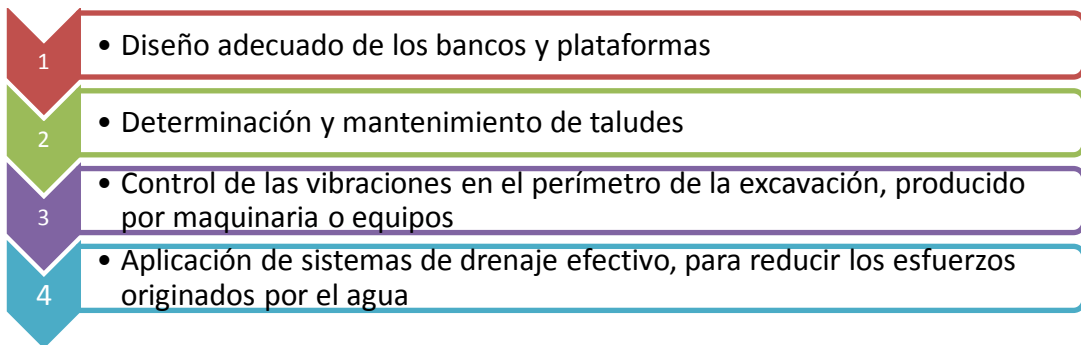
La importancia de los estudios geotécnicos será en función de los condicionantes geométricos (altura del talud general, de banco y ángulos de talud), así como de cualquier incidencia que los taludes diseñados puedan tener sobre las instalaciones

existentes, además se incorporará la influencia del agua en la estabilidad de los taludes temporales.

Los factores más importantes que afectan a la seguridad de las operaciones y cuyo estudio debe quedar claro desde el principio de las operaciones, son los siguientes:

- Caída o deslizamiento de materiales sueltos.
- Colapso parcial de un banco.
- Colapso general del talud de la excavación.

Las recomendaciones para el control y eliminación de estos riesgos, está en definir y dimensionar las siguientes medidas:



La puesta en práctica de los estudios realizados determinan que en el caso de macizos poco coherentes del tipo suelo, la experiencia registrada ha demostrado que el modo de rotura susceptible de producirse es de tipo circular.

En geotecnia, el riesgo de colapso de un talud se mide en términos del llamado **coeficiente de seguridad “F”**, que es la relación entre el conjunto de las fuerzas resistentes y las desestabilizadoras que provocarían la rotura del talud. La selección de un valor de F mayor implica una disminución de riesgo, pero supone en general taludes más tendidos.

El valor de $F = 1$ señala la frontera en la cual un talud es, o deja de ser, estable. La necesidad de utilizar valores de $F > 1$ surge como consecuencia de factores geológicos, posible variabilidad de las propiedades de los materiales componentes de la grava y la cantidad estacional de agua presente en el talud, y los posibles errores de cálculo y/o ensayos de caracterización realizados.

Una idea general de los factores a emplear, permite recomendar los siguientes factores de seguridad mínimos:

CASO	FACTOR SEGURIDAD
Si puede ocurrir la pérdida de vidas humanas al fallar el talud	1.7
Si la falla puede producir la pérdida de más del 30% de la inversión de la obra específica o pérdidas consideradas importantes	1.5
Si se puede producir pérdidas económicas no muy importantes	1.3
Si la falla del talud no causa daños	1.2

Tabla 19: Factores mínimos de seguridad

La experiencia considera que, debido a las elevadas implicaciones económicas, la selección de un coeficiente de seguridad próximo a 1.3 puede ser adecuado para taludes cuya estabilidad no se considere a largo plazo.

Una vez definidas las pendientes estables del talud, se genera la geometría de los bancos. En el presente estudio, en que las zonas de estratificación están inclinadas hacia el corte y no superan los 25° de orientación, se define del Tipo I¹¹ donde el talud no está sometido a deslizamientos importantes. Deduciendo como resultado los factores:

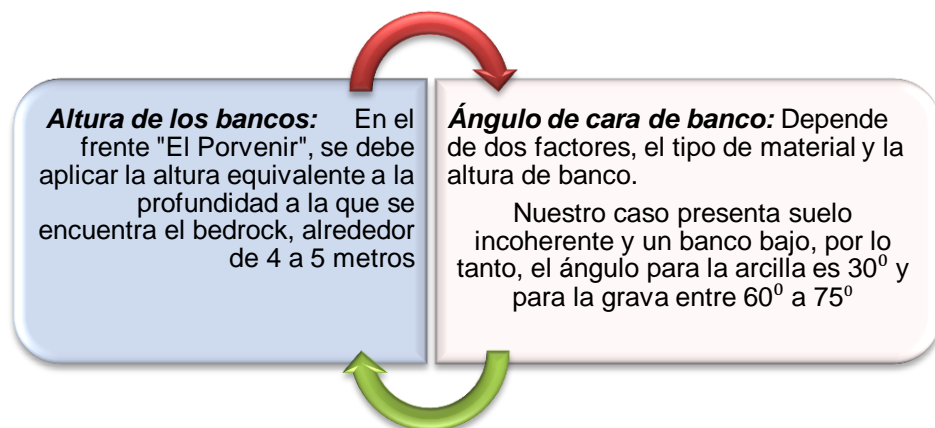


Ilustración 17: Factores de estabilización de taludes

5.3.3 Rehabilitación de áreas explotadas

Al ser este un proyecto de explotación en terrazas aluviales, aledañas a un curso de agua y/o depósito de río, se contempla la reconformación de las terrazas y la no

¹¹ Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras, pág. 336

utilización de sustancias químicas como el mercurio en la separación de minerales.



Fotografía 13: Seguimiento a la reconfiguración de los frentes explotados

Una vez terminada la extracción y lavado de las gravas auríferas se procede a la reconfiguración del terreno, que es un proceso inverso al del minado, es decir, se inicia rellenando el corte explotado con las gravas y sedimentos que fueron lavadas (relaves y colas), luego se coloca la arcilla, el suelo y, finalmente se rehabilita la zona trabajada, como se evidencia en la fotografía 13.

Así mismo, con las asociaciones se ha emprendido en un programa de erradicación del mercurio, manejado por el INIGEMM – MAE y controlado por la ARCOM, permitiendo que los costos de reconfiguración ambiental no aumenten en el valor general de remediación, siguiendo el programa de la ENAMI EP de concientización aplicando la clasificación mecánica (gravimétrica) de materiales, de la mano con la responsabilidad de ejecutar acciones de mitigación al impacto ambiental causado, como compromiso del Plan de Manejo Ambiental presentado en el Estudio de Impacto Ambiental para el inicio de las operaciones mineras.

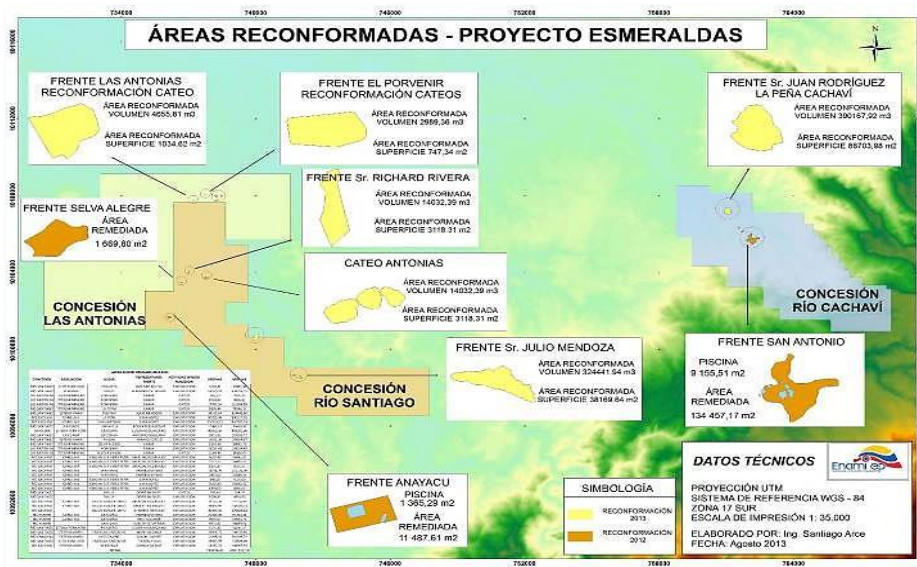


Ilustración 18: Croquis de áreas reconformadas en el Proyecto Río Santiago

5.4 Maquinaria y equipos

Considerando que la extracción de la grava aurífera se lo realiza por bloques seleccionados, utilizando excavadoras Komatsu PC-200 Lc-8, que arranca la grava aurífera y lo acumula en stocks para alimentar la Planta de Lavado MPP100.

Factores que influyen la producción

- Disponibilidad Mecánica
- Capacidad de la máquina
 - Tamaño de herramienta / Dimensiones / Especificaciones / Calidad & Ingeniería
- Factor de llenado
 - Diseño, Ingeniería, Capacitación del operador
- Número de ciclo por hora
 - Potencia / Eficiencia del tren de fuerza
 - Convertidor / Transmisión / Bombas
 - Sistemas inteligentes / Electrónica
- Eficiencia en la obra
 - Disciplina en la obra, Seguridad, Medio ambiente
 - Capacitación general de personal

5.5 Inversión en Maquinaria y Equipos

Los registros y la experiencia del usuario son la mejor fuente de datos para calcular los costos de posesión y operación, mismos que varían considerablemente, dependen del lugar y el trabajo en que se utiliza la máquina.

5.5.1. Maquinaria Minera

La selección de equipos mineros es uno de los factores de mayor importancia en el diseño y producción de minas, para lo cual se debe tomar en cuenta los siguientes factores para un óptimo rendimiento:

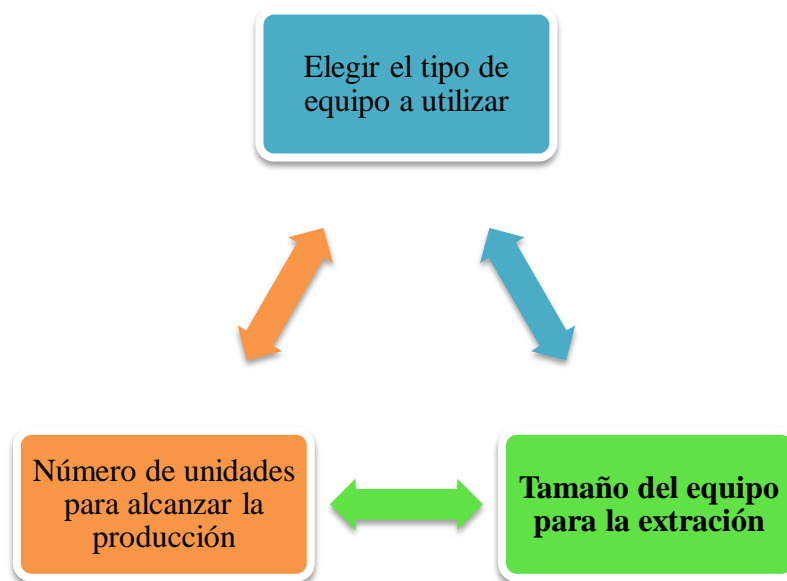


Ilustración 19: Factores de influencia en la selección de maquinaria minera

Para el desarrollo de nuestro trabajo se ha optado por las excavadoras Komatsu Pc 200 – Lc 8 (Anexo No. 15) y un Tractor D65 – EX (Anexo No. 16), mismas que servirán para el retiro de la sobrecarga, arranque de la grava, alimentación de la planta, desalojo de colas conformando escombreras y restauración del terreno intervenido.

Ante la necesidad de controlar el nivel freático presente en los bloques de explotación, así como para suministrar de un flujo constante y adecuado de agua a la planta de lavado, se instaló dos bombas: de succión y presión, de 6” y 4” respectivamente.

5.5.1.1. Capacidades del cucharón

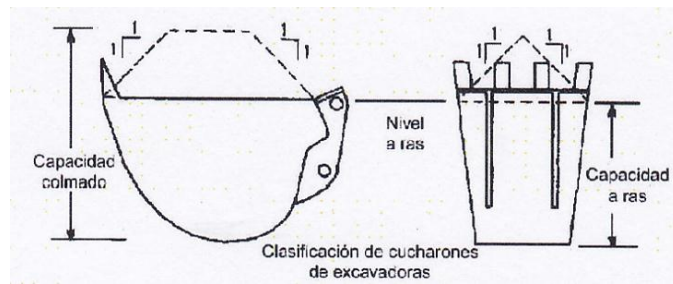


Ilustración 20: Clasificación según la capacidad de cucharones de excavadoras

- Capacidad a Ras: el volumen de material dentro del contorno de las planchas laterales, delantera y trasera sin contar material en la plancha de derrame en los dientes.
- Capacidad colmada: el volumen del cucharón cargado a ras más el volumen de material encima del nivel a ras, con un ángulo de reposo de 1:1 sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.

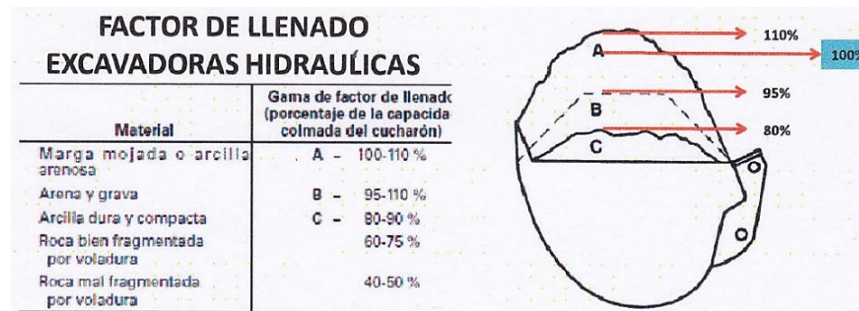


Ilustración 21: Factor de llenado del cucharón

5.5.1.1.1. Coeficiente de Esponjamiento

El incremento de volumen, ocurre cuando un material se extrae al ser removido de su estado natural (volumen in situ) y es depositado en un sitio no confinado (volumen no confinado), a este fenómeno físico se denomina coeficiente de esponjamiento. El esponjamiento es un valor adimensional, factor importante en el análisis de movimiento de tierras, que se expresa por la relación del volumen de roca extraído para el volumen de roca en el macizo:

$$e = \frac{Ve}{V}$$

Donde,

e - Coeficiente de esponjamiento

Ve - Volumen del material después de ser arrancado, cm³

V - Volumen que la roca in situ, cm³

A continuación se presenta los factores de esponjamiento para los materiales más usuales. Para el presente estudio se consideró un coeficiente de 1,15 para la mezcla de arcilla y grava.

Tipo de suelo	e
Roca dura (volada)	1,50 – 2,00
Roca mediana (volada)	1,40 – 1,80
Roca blanda (volada)	1,25 – 1,40
Grava, compacta	1,35
Grava, suelta	1,10
Arena, compacta	1,25 – 1,35
Arena, mediana a dura	1,15 – 1,25
Arena, blanda	1,05 – 1,15
Limos, recién depositados	1,00 – 1,10
Limos, consolidados	1,10 – 1,40
Arcillas, muy duras	1,15 – 1,25
Arcillas, medianas a duras	1,10 – 1,15
Arcillas, blandas	1,00 – 1,10
Mezclas de arenas/gravas/arcillas	1,15 – 1,35

Tabla 20: Coeficiente de esponjamiento según el tipo de suelo

5.5.1.2. Eficiencia en el trabajo

La eficiencia en el trabajo (tiempo) se refiere a la pérdida del tiempo por esperas y demoras. El tiempo de espera es el periodo transcurrido mientras una unidad tiene que esperar a colocar otra palada en la tolva de recepción. El tiempo de demora es cualquier periodo que no sea tiempo de espera, cuando una máquina permanece inactiva en el sitio de trabajo.

Guías para estimación:

Operación	Trabajo por hora	Factor de Eficiencia
De día	50 min/h	0,83
De noche	45 min/h	0,75

*El factor de eficiencia es igual al promedio de minutos-trabajos en una hora, dividido para 60 min

Tabla 21: Factor de eficiencia de operación diurna - nocturna

5.5.1.3. Disponibilidad Mecánica

Es la relación entre las horas reales de trabajo de una máquina y las horas programadas en un periodo determinado.

Entre los factores que influyen en la disponibilidad mecánica:

- Calidad del equipo
- Vida económica / número de horas de servicio
- Respaldo técnico (partes y servicio)
- Prácticas de mantenimiento / herramientas
- Relaciones humanas

5.5.1.4. Costos de Posesión

Son gastos que se producen prescindiendo del grado de utilización de la máquina y aún si no trabaja. No tienen ninguna relación con el trabajo de la máquina y debe pagarlos el propietario, por esta razón se denominan costos fijos.



Ilustración 22: Relación Uso de maquinaria & Costo de posesión

Para calcular los costos de posesión se debe tomar en cuenta la depreciación del equipo o maquinaria, los intereses, los seguros e impuestos.

5.5.1.4.1. Depreciación

Consiste en el descenso continuo del valor de la máquina en el mercado, desde el momento en que se adquiere. Entre los factores que influyen en la depreciación, se encuentran:

- Rezago en el diseño
- Preferencia de ciertas marcas de máquinas en la zona
- Tiempo de servicio
- Aplicaciones en el trabajo

- Normas de operación
- Prácticas de mantenimiento

La desvalorización es mayor en el primer año que en el segundo, el segundo mayor que el tercero, etc. Cuanto más corta sea la vida útil de la máquina, mayor es el porcentaje de pérdida en un año.

5.5.1.4.2. Intereses

Constituyen el costo a precio de utilizar dinero en la compra de una máquina. Los costos de intereses se deben basar en el precio de compra más los gastos de entrega de la máquina, sin considerar, si parte del dinero invertido en la compra es suyo o ajeno

Se calcula la inversión promedio anual durante el periodo de uso de la máquina, aplicando la tasa de interés y la utilización anual esperada, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\left[\frac{P(N+1)}{2N} \right] * \% \text{ tasa de interés simple}}{\frac{\text{Horas}}{\text{Año}}}$$

Donde:

P – Precio de entrega, USD

N – Número de años

S – Precio de reventa, USD

5.5.1.4.3. Seguros e Impuestos

El costo del seguro y de los impuestos de propiedad se puede calcular de dos maneras: si se conoce el costo específico anual hay que utilizar dicha cifra; sin embargo, cuando no se conoce el costo por cada máquina, se puede aplicar las siguientes fórmulas:

$$\frac{\left[\frac{P(N+1)}{2N} \right] * \% \text{ tasa de seguro}}{\frac{\text{Horas}}{\text{Año}}}$$

$$\frac{\left[\frac{P(N+1)}{2N} \right] * \% \text{ tasa de impuesto}}{\frac{\text{Horas}}{\text{Año}}}$$

Donde:

P – Precio de entrega, USD

N – Número de años

S – Precio de reventa, USD

5.5.1.5. Costos de Operación

Son los resultantes del trabajo de la máquina. Dependen del tiempo en que se utiliza la máquina, por lo tanto se denominan costos variables, ver ilustración 24.



Ilustración 23: Relación Uso de maquinaria & Costo de operación

Entre los costos de operación se debe considerar los siguientes valores:

- Combustibles
- Lubricantes, filtros y grasas
- Tren de rodaje
- Costos de reparaciones
- Componentes de desgaste especial (herramientas de corte)
- Salarios del operador

5.5.1.5.1. Consumo de combustible

El combustible utilizado en el Proyecto Río Santiago, según el INEN, en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2011 y facilitado por la ARCH (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero) es el Diesel No. 2, combustible utilizado para uso industrial y para motores de combustión interna de autoignición.

PRECIO DE COMBUSTIBLE - AÑO 2013						
FECHA	PRODUCTO	CANTIDAD (gal)	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	IVA	TOTAL
26/04/2013	DIESEL 2 PETROLERO	20.000	\$ 3,19	\$ 63.769,58	\$ 7.652,35	\$ 71.421,93
18/09/2013	DIESEL 2 PETROLERO	31.000	\$ 3,19	\$ 98.882,68	\$ 11.865,92	\$ 110.748,60
29/11/2013	DIESEL 2 PETROLERO	13.454	\$ 2,97	\$ 39.998,11	\$ 4.799,77	\$ 44.797,88
19/12/2013	DIESEL 2 PETROLERO	25.700	\$ 2,99	\$ 76.926,55	\$ 9.231,19	\$ 86.157,74
TOTAL		90.154				\$ 313.126,15

Tabla 22: Adquisición de combustible para el Proyecto Río Santiago, año 2013

Recomendaciones para ahorro de combustible de una excavadora:

- Evitar aliviar la presión hidráulica tanto como sea posible.
- Procurar excavar suavemente aligerando la carga.

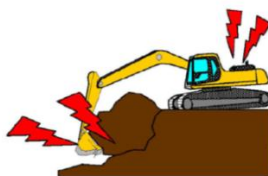


Ilustración 24: Efectos ante el exceso de carga en la maquinaria

- Elevar la posición de excavación.
- Realice excavación escalonada



Ilustración 25: Excavación escalonada

- Durante el carguío tratar de reducir el ángulo de giro.
- Acercarse a la tolva de recepción.

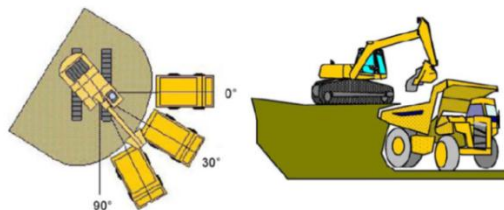


Ilustración 26: Ángulo de giro

- Traslado a bajas velocidades, ya que a mayor velocidad significa mayores revoluciones del motor, gastando más combustible.

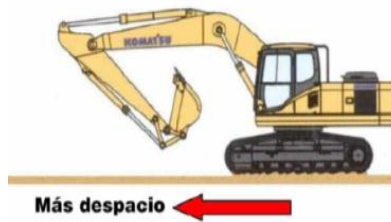


Ilustración 27: Velocidad de traslación de excavadora

El cargo por combustible es un elemento representativo al momento de obtener una tarifa real de los costos horarios de los equipos y maquinaria. Se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Costo por hora de combustible} \\ &= \text{consumo por hora} * \text{precio del combustible} \end{aligned}$$

5.5.1.5.2 Lubricantes, Filtros y Grasas

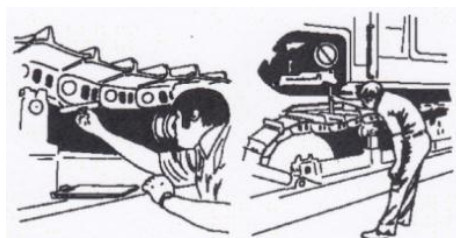
Estos costos se agrupan como una categoría. Normalmente debe llevarse registros de estos costos divididos y asignados a cada máquina.



5.5.1.5.3. Tren de Rodaje

Suelen constituir el mayor porcentaje de los costos de operación de una máquina de cadenas, cuando se trabaja en condiciones severas, y se calcula de mediante la fórmula:

$$\frac{\text{Costo de reparación y reconstrucción}}{\text{Vida del Tren de Rodaje (horas)}} = \text{Costo por hora}$$



Factores que Influyen en el Desgaste del Tren de Rodaje

- **Impacto:** El efecto más fácil de evaluar es estructural: doblamiento, descarrilado, rajaduras, aplastamiento, etc., y problemas de tornillería y de retención de los pasadores y bujes.

Evaluación de las cargas de choque	
Descripción	Valoración
Superficies duras e impenetrables con protuberancias de 150 mm (6") o aún más altas	ALTAS
Superficies parcialmente penetrables con protuberancias de 75 a 150 mm (3" – 6") de alto	MODERADAS
Superficies totalmente penetrables (proporcionan pleno soporte a las planchas de las zapatas) y con pocas protuberancias	BAJAS

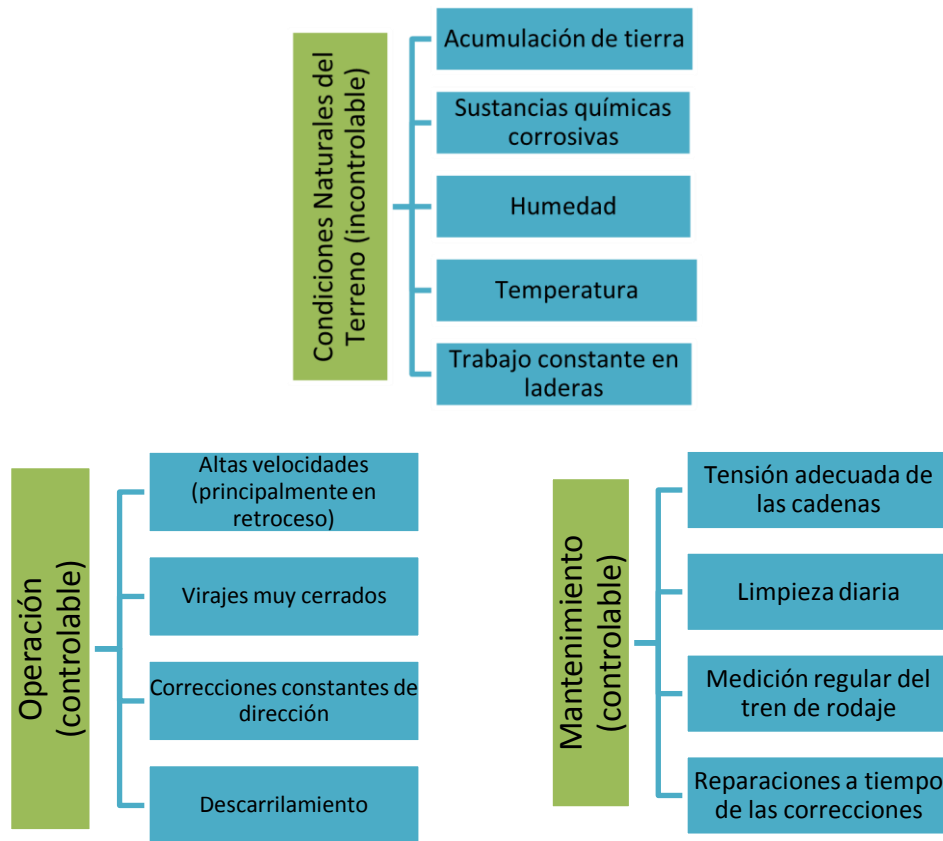
Tabla 23: Valoración de impacto según el tipo de superficie

- **Abrasión:** Corresponde a la tendencia de las materias del suelo a desgastar las superficies de fricción en los componentes de las cadenas.

Evaluación de la Abrasión	
Descripción	Valoración
Suelos muy húmedos que contengan gran proporción de arena o partículas de rocas duras, anguladas o cortantes	INTENSA
Suelos ligeramente mojados o de un modo intermitente, que tengan baja proporción de partículas duras, anguladas o cortantes	MODERADA
Suelos secos o rocas con una proporción baja de arena, de partículas anguladas o cortantes, o esquirlas de roca	BAJA

Tabla 24: Valoración de la Abrasión según el tipo de material

- **Factor "Z":** Representa los efectos combinados de muchas condiciones relativas al ambiente, así como a las operaciones y al mantenimiento con respecto a la duración de los componentes en un trabajo determinado.



Para el cálculo del Factor “Z” se debe guiar en la tabla de estimación del costo por hora del tren de rodaje, en primer lugar eligiendo la máquina y su correspondiente Factor Básico (FB).

Factores básicos del tren de rodaje (Tractores de Cadenas)			
Modelo	Factor básico		
850 HP	17.0		
580 HP	12.5		
410 HP	10.0		
305 HP	8.5		
240 HP LGP	9.0		
230 HP	8.0		
185 HP LGP	8.0		
165 HP	6.2		
140 HP LGP	6.2		
140 HP	5.0		
110 HP LGP	5.0		
70 HP, 80 HP, 90 HP	3.7		
Multiplicadores de condiciones			
	Impacto	Abrasión	" Z "
Alto	0.3	0.4	1.0
Moderado	0.2	0.2	0.5
Bajo	0.1	0.1	0.2

Tabla 25: Factores básicos del Tren de rodaje

Posteriormente se determina la escala para cargas de choque, abrasión y condiciones “Z”. Se añade los multiplicadores o coeficientes de las condiciones elegidas y se aplica la suma al factor básico para obtener la estimación por hora del tren de rodaje, resultando la fórmula:

$$\text{Costo horario del tren de rodaje} = FB * (I + A + Z)$$

Donde:

FB – Factor básico de la máquina

I – Impacto o cargas de choque

A – Abrasión

Z – Condición “Z”

5.5.1.5.4. Costos de Reparación

Estos costos deben incluir el precio de todas las piezas y el pago de la mano de obra. Inicialmente son bajos cuando la máquina es nueva y siguen un curso ascendente de tipo escalonado con la edad y el número de horas de uso del equipo.

Al promediar estos costos, se obtiene al principio fondos adicionales que se dejan en reserva con el objeto de cubrir los fondos más altos que habrá posteriormente.

Entre los factores que afectan el costo de reparación, se encuentran:

- Sitio de aplicación
- Mantenimiento
- Edad del equipo
- Reparación antes o después de la falla

Por ello se debe advertir a tiempo el punto óptimo de reparación, prestando atención a factores como: consumo anormal de combustible, horas del medidor de servicio, anotaciones del operador, indicadores de reparación, evaluaciones periódicas, análisis de aceite. Aplicando la siguiente fórmula se calcula:

$$\frac{\text{Costos de reparación}}{\text{Horas de uso}} = \text{Costo por hora}$$

5.5.1.5.5. Componentes de Desgaste Especial

Se refieren a todas las herramientas de corte o artículos de desgaste rápido utilizadas en diversas máquinas, como:

- Puntas de desgarrador
- Dientes de cucharón
- Protectores y vástagos de desgarrador
- Cuchillas
- Planchas de desgaste

$$\frac{\text{Costos de reemplazo}}{\text{Duración estimada}} = \text{Costo por hora}$$

5.5.1.5.6. Salarios del Operador

Se considera el sueldo, más horas extras y todos los beneficios de ley.

$$\frac{\text{Ingresos totales por año}}{\text{Horas/Año}} = \text{Costo por hora}$$

5.5.2. Excavadora KOMATSU Pc 200 – Lc8

DATOS	UNIDAD	VALOR
Precio de entrega (P)	\$	190000
Precio de reventa (S)	\$	130000
Porcentaje al final de la depreciación	%	0,20
Vida útil (catálogo)	horas	12000
Tiempo de operación por año	horas	2500
Número de años trabajados (N)	años	2
Periodo de Amortización	años	5
Tasa de interés anual	%	14
Tasa de seguros por año	%	2
Disponibilidad	%	90
Contrato de mantenimiento preventivo	\$	25000 a las 9000 horas
Reparaciones	\$	2500 en 2 años
H/C	\$	750 y dura 800 horas
Salario anual operador + Beneficios	\$	8329,3
Impacto (I)	adimensional	0,20
Abrasión (A)	adimensional	0,20
Factor "Z" (Z)	adimensional	0,20
Potencia al volante (catálogo)	HP	148
Factor Básico (potencia)	adimensional	5,00
Precio combustible (diesel)	\$/gal	3,47

COSTOS DE POSESIÓN

$$a) \text{ Costo por hora de depreciación} = \frac{\text{Precio de entrega} - \text{Precio de reventa}}{\text{Total horas de operación} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\$190.000 - \$130.000}{5.000 \text{ horas} * 90\%}$$
$$= 13,33 \frac{\$}{\text{hora}}$$

$$b) \text{ Costo por hora de interés} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de interés simple}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$190.00(2+1)}{2(2)} * 0,14}{2.500 * 0,90}$$
$$= 8,87 \frac{\$}{h}$$

$$c) \text{ Costo por hora de seguros} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de seguro}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$190.000(2+1)}{2(2)} * 0,01}{2.500 * 0,90}$$
$$= 1,27 \frac{\$}{h}$$

d) Costo de Posesión

Depreciación	13,33 $\frac{\$}{h}$
--------------	----------------------

Intereses	8,87 $\frac{\$}{h}$
-----------	---------------------

Seguros	1,27 $\frac{\$}{h}$
---------	---------------------

Costo de Posesión TOTAL	= 23,47 $\frac{\\$}{h}$
--------------------------------	---

COSTOS DE OPERACIÓN

e) Costo por hora de combustible =

*Consumo por hora * Precio del combustible*

$$= (0,04 * 148 \text{ HP}) * 3,47 \frac{\$}{\text{gal}}$$
$$= 20,56 \frac{\$}{\text{gal}}$$

f) *Costo por hora de lubricantes, filtros y grasas (mantenimiento) =*

$$\frac{\text{Costo mantenimiento preventivo}}{\text{Tiempo en horas para realizar mantenimiento preventivo}}$$

$$= \frac{\$ 25.000}{9.000 h}$$

$$= 2,78 \frac{\$}{h}$$

g) *Costo horario del tren de rodaje = FB * (I + A + Z)*

$$= 5 (0,2 + 0,2 + 0,2)$$

$$= 3,00 \frac{\$}{h}$$

h) *Costo horario en reservas para reparaciones = $\frac{\text{Costo de reparación}}{\text{Horas de uso}}$*

$$= \frac{\$2.500}{5.000 h}$$

$$= 0,50 \frac{\$}{h}$$

i) *Costo horario de elementos de desgaste especial = $\frac{\text{Costo de reemplazo}}{\text{Duración estimada}}$*

$$= \frac{\$750}{800 h}$$

$$= 0,94 \frac{\$}{h}$$

j) *Costo horario salario operador = $\frac{\text{Ingresos totales por año}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$*

$$= \frac{\$ 8.329,33}{2.500 \frac{h}{año} * 0,90}$$

$$= 3,70 \frac{\$}{h}$$

k) *Costo de Operación*

Combustible	20,56 $\frac{\$}{h}$
Lubricantes, filtros, grasas	2,78 $\frac{\$}{h}$
Tren de rodaje	3,00 $\frac{\$}{h}$
Reservas para reparaciones	0,50 $\frac{\$}{h}$

Elementos de desgaste especial $0,94 \frac{\$}{h}$

Salario horario del operador $3,70 \frac{\$}{h}$

Costo de Operación TOTAL = $31,48 \frac{\$}{h}$

Finalmente,

Costos de Posesión $23,47 \frac{\$}{h}$

Costos de Operación $31,48 \frac{\$}{h}$

COSTO HORARIO TOTAL = $54,95 \frac{\$}{h}$

5.5.2.1 Rendimiento

DATOS	UNIDAD	VALOR
Capacidad del cucharón (Q)	m ³	0,80
Periodo del ciclo (T)	min	0,30
Factor de carga o coeficiente de llenura del cucharón (ll)	adimensional	0,95
Coeficiente de esponjamiento (e)	adimensional	1,15 grava y arena
Coeficiente de maniobrabilidad (K) catálogo	adimensional	0,90
Coeficiente de tiempo de trabajo efectivo (Kt)	adimensional	0,90
Coeficiente de dificultad de excavación (Ke)	adimensional	0,90
Coeficiente de pérdidas de material durante el cargado (Kpe)	adimensional	0,95
Coeficiente basado en la experiencia del operador (Ku)	adimensional	0,85

a) Rendimiento teórico o de catálogo

$$R_{cat} = \frac{Q * 60}{T}$$

$$R_{cat} = \frac{0,80 m^3 * 60}{0,30 min}$$

$$R_{cat} = 160 \frac{m^3}{h}$$

b) Rendimiento técnico

$$R_{tec} = R_{cat} * \frac{ll}{e} * K$$

$$R_{tec} = 160 \frac{m^3}{h} * \frac{0,95}{1,15} * 0,90$$

$$R_{tec} = 118,06 \frac{m^3}{h}$$

c) Rendimiento práctico

$$R_{prac} = R_{tec} * K_t * K_e * K_{pe} * K_u$$

$$R_{prac} = 118,06 \frac{m^3}{h} * 0,90 * 0,90 * 0,95 * 0,85$$

$$R_{prac} = 77,81 \frac{m^3}{h}$$

5.5.3 Tractor de cadenas KOMATSU D65 – EX

DATOS	UNIDAD	VALOR
Precio de entrega (P)	\$	300000
Precio de reventa (S)	\$	250000
Porcentaje al final de la depreciación	%	0,20
Vida útil (catálogo)	horas	15000
Tiempo de operación por año	horas	2000
Periodo de utilización (N)	años	2
Periodo de Amortización	años	10
Tasa de interés anual	%	14
Tasa de seguros por año	%	2
Disponibilidad	%	90
Contrato de mantenimiento preventivo	\$	30000
Reparaciones	\$	2150
H/C	\$	1100
Salario anual operador	\$	8329,3
Impacto (I)	adimensional	0,20
Abrasión (A)	adimensional	0,20
Factor "Z" (Z)	adimensional	0,20
Potencia al volante (catálogo)	HP	205
Factor Básico (potencia)	adimensional	5,00
Precio combustible	\$/gal	3,47

COSTOS DE POSESIÓN

$$a) \text{ Costo por hora de depreciación} = \frac{\text{Precio de entrega} - \text{Precio de reventa}}{\text{Total horas de operación} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\$300.000 - \$250.000}{4.000 \text{ horas} * 90\%}$$

$$= 13,89 \frac{\$}{hora}$$

$$b) \text{ Costo por hora de interés} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de interés simple}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$300.000(2+1)}{2(2)} * 0,14}{2.000 * 0,90}$$

$$= 17,50 \frac{\$}{h}$$

$$c) \text{ Costo por hora de seguros} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de seguro}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$300.000(2+1)}{2(2)} * 0.02}{2.000 * 0,90}$$

$$= 2,50 \frac{\$}{h}$$

d) Costo de Posesión

Depreciación	13,89 $\frac{\$}{h}$
--------------	----------------------

Intereses	17,50 $\frac{\$}{h}$
-----------	----------------------

Seguros	2,50 $\frac{\$}{h}$
---------	---------------------

Costo De Posesión TOTAL	=	33,89 $\frac{\\$}{h}$
--------------------------------	----------	---

COSTOS DE OPERACIÓN

e) Costo por hora de combustible =

*Consumo por hora * Precio del combustible*

$$= (0,04 * 205 \text{ HP}) * 3,47 \frac{\$}{gal}$$

$$= 28,48 \frac{\$}{gal}$$

f) Costo por hora de lubricantes, filtros y grasas (mantenimiento) =

$\frac{\text{Costo mantenimiento preventivo}}{\text{Tiempo en horas para realizar mantenimiento preventivo}}$

$$= \frac{\$ 30.000}{9.000 h}$$

$$= 3,33 \frac{\$}{h}$$

$$\begin{aligned}
 \text{g) Costo horario del tren de rodaje} &= FB * (I + A + Z) \\
 &= 5 (0,2 + 0,2 + 0,2) \\
 &= 3,00 \frac{\$}{h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{h) Costo horario en reservas para reparaciones} &= \frac{\text{Costo de reparación}}{\text{Horas de uso}} \\
 &= \frac{\$2.150}{4.000 h} \\
 &= 0,54 \frac{\$}{h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{i) Costo horario de elementos de desgaste especial} &= \frac{\text{Costo de reemplazo}}{\text{Duración estimada}} \\
 &= \frac{\$1.100}{1.500 h} \\
 &= 0,73 \frac{\$}{h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{j) Costo horario salario operador} &= \frac{\text{Ingresos totales por año}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}} \\
 &= \frac{\$ 8.329,33}{2.000 \frac{h}{año} * 0,90} \\
 &= 4,63 \frac{\$}{h}
 \end{aligned}$$

k) Costo de Operación

Combustible	28,48 $\frac{\$}{h}$
Lubricantes, filtros, grasas	3,33 $\frac{\$}{h}$
Tren de rodaje	3,00 $\frac{\$}{h}$
Reservas para reparaciones	0,54 $\frac{\$}{h}$
Elementos de desgaste especial	0,73 $\frac{\$}{h}$
Salario horario del operador	4,63 $\frac{\$}{h}$

$$\text{Costo de Operación TOTAL} = 40,71 \frac{\$}{h}$$

Finalmente,

$$\text{Costos de Posesión} = 33,89 \frac{\$}{h}$$

Costos de Operación $40,71 \frac{\$}{h}$

COSTO HORARIO TOTAL = $74,60 \frac{\\$}{h}$
--

5.5.3.1 Rendimiento

DATOS	UNIDAD	VALOR
Capacidad de la hoja (Q)	m ³	3,89
Periodo del ciclo (T)	min	0,92
Factor de carga o coeficiente de llenura del cucharón (ll)	adimensional	0,90
Coeficiente de esponjamiento (e)	adimensional	1,00 arcilla
Tiempo ininterrumpido de trabajo (Ti)	h	1,00
Tiempo de pérdidas inevitables en 1 hora (Tp)	h	0,15
Coeficiente de maniobrabilidad (K) catálogo	adimensional	0,90
Coeficiente de dificultad de excavación (Ke)	adimensional	0,90
Coeficiente de pérdidas de material durante el cargado (Kpe)	adimensional	0,90
Coeficiente basado en la experiencia del operador (Ku)	adimensional	0,85

a) Rendimiento teórico o de catálogo

$$R_{cat} = \frac{Q * 60}{T}$$

$$R_{cat} = \frac{3,89 \text{ m}^3 * 60}{0,92 \text{ min}}$$

$$R_{cat} = 254,90 \frac{\text{m}^3}{h}$$

b) Rendimiento técnico

$$R_{tec} = R_{cat} * \frac{ll}{e} * \frac{Ti}{Ti + Tp}$$

$$R_{tec} = 254,90 \frac{\text{m}^3}{h} * \frac{0,90}{1,00} * \frac{1}{1 + 0,15}$$

$$R_{tec} = 199,41 \frac{\text{m}^3}{h}$$

c) Rendimiento práctico

$$R_{prac} = R_{tec} * Ke * Kpe * Ku$$

$$R_{prac} = 118,06 \frac{m^3}{h} * 0,90 * 0,90 * 0,85$$

$$R_{prac} = 137,29 \frac{m^3}{h}$$

CAPÍTULO VI

6 PROCESAMIENTO DE LA GRAVA AURÍFERA

Las plantas móviles de clasificación, lavado y recuperación gravimétrica de oro, se diseñan específicamente para los depósitos secundarios del tipo aluvial. Los depósitos de placer se componen principalmente de arcillas, limos, arenas, guijarros y grava que se encuentran en forma de canales fluviales o terrazas.

Por la presencia de metales preciosos (Au, Ag, Pt) y minerales pesados y según los ensayos realizados en campo, se ha optado por adquirir la Planta de Lavado MPP 100, que permite recuperar un alto porcentaje de oro fino en grandes volúmenes de producción, con mayor capacidad de recuperación que las metodologías tradicionales (canalón, clasificadoras Z y otros), resultando un equipo mecánico simple y compacto asequible para la minería a pequeña escala.

El proceso que se lo realiza con diferentes sistemas de clasificación y lavado de la grava aurífera mediante concentración gravimétrica:



En el frente “El Porvenir” se eligió trabajar solo con la Planta de Lavado MPP 100 (Anexo No.13) pionera en Sudamérica, que tiene una capacidad de lavado y clasificación de material de $100\text{m}^3/\text{h}$, y donde la excavadora KOMATSU Pc200 alimenta a la tolva de recepción con aproximadamente 3 paladas de $0,80\text{m}^3$ por minuto. Sin embargo, se considera importante señalar que además existe la Planta de Lavado ALASKA 100 (Anexo No.14) que también opera en condiciones adecuadas con gravas auríferas, para lo cual a continuación se describe sus características:

6.1 ALASKA 100

El proceso inicia con la alimentación de la grava aurífera, que pasa a un sistema de lavado compuesto por una zaranda vibratoria y un Trommel, ver fotografía 14. La planta de procesamiento tipo Alaska 100 tiene un rendimiento práctico de lavado de 75,43 m³/h. El circuito corresponde a un sistema cerrado de lavado, en el cual la pulpa en solución es conducida a un concentrador centrífugo horizontal con capacidad de 30m³/h, instalado a continuación de una serie de canalones de conducción de pulpa desde la descarga del Trommel. El conjunto se encuentra anclado en un chasis que facilita su transportación.



Fotografía 14: Planta de lavado Alaska 100

6.1.1. Tolva Zaranda vibratoria

Es un equipo con diadema de flujo vertical y vertedores laterales para el lavado primario continuo, en el extremo final del Grizzly se tiene una criba de barrotes que separa el material grueso superior a 2" de diámetro. La zaranda viene equipada con chasis reforzado de alto rendimiento, capaz de soportar cargas pesadas (12 t en carga máxima). Panel eléctrico para encendido/apagado y circuito eléctrico para zaranda y Trommel. Antes de que la grava aurífera ingrese al Trommel, atraviesa una trampa de "nuggets" que retiene el oro grueso.

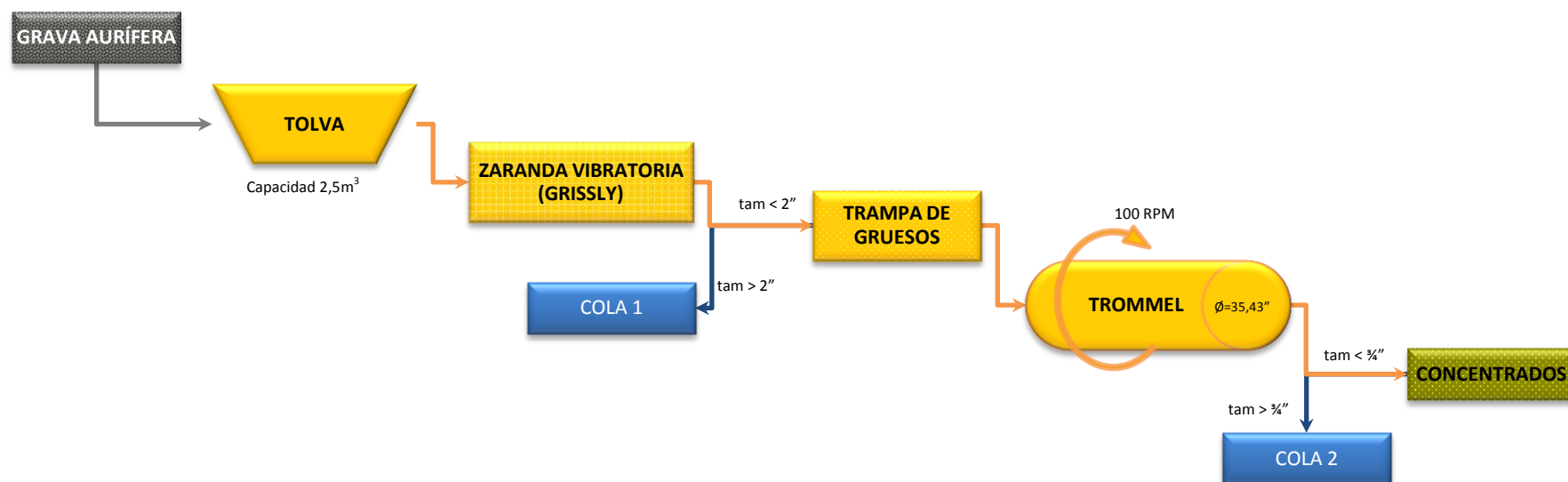
6.1.2. Trommel de Lavado

Es un equipo compuesto por dos tramos, el primero un cuerpo cilíndrico cerrado con estructuras estriadas interiores para facilitar la disgregación de arcillas, la segunda mitad del cuerpo corresponde a la sección de clasificación por tamaño del material y arenas, con apertura máxima de 3/4" y cubierta de malla reemplazable.

Una flauta de lavado a presión atraviesa por todo el largo del cuerpo interno cilíndrico del Trommel, sistema diseñado para lograr un lavado y clasificación del material eficiente. El diámetro del Trommel corresponde a 35,43" o 90 cm.

6.1.3. Diagrama de Flujo – Planta de Lavado ALASKA 100

DIAGRAMA DE FLUJO – LAVADO DE LA GRAVA AURÍFERA
PLANTA ALASKA 100



6.2 Planta de lavado MPP 100

La planta de lavado MPP 100 es un equipo pequeño y ligero, diseñado para el fácil transporte dentro de la mina, ver fotografía 15. La gran capacidad de la MPP para procesar el material extraído de las terrazas aluviales, es gracias a su diseño que logra el fácil proceso de clasificación y lavado de la grava aurífera en la mayoría de las situaciones de placeres auríferos. La planta gravimétrica tiene una capacidad de lavado 100 m³/h, y alimentación de agua 700 gal/h.

La Planta Móvil para Placeres Auríferos está construida sobre un chasis de remolque transportable, conjuntamente con energía a bordo generada por un motor de combustión interna, bomba de agua y electricidad / motor hidráulico, disminuyendo de esta manera, el uso de maquinaria de apoyo, lo cual significa menos inversión de capital y reducción de los costos de operación de la mina. La planta se posiciona gracias a los 4 conectores-niveladores que posee, adaptándose a los diferentes terrenos, y es perfecto para las condiciones fluctuantes de alta y baja de agua debido a las lluvias diarias o estacionales.

El núcleo del equipo MPP-100 se compone de concentradores primarios por gravedad altamente eficientes: dos Centrifugadores Horizontales conocidos como Low-G; mientras que en Laboratorio como concentrador secundario, se dispone de un Concentrador Helicoidal o Finisher.

El equipo posee una capacidad de procesamiento de 100 m³/h, está diseñada como portátil e independiente, con todo lo necesario para la producción minera, ya que posee: tolva de alimentación vibratoria, clasificador por medio de una criba vibratoria, dos Low-G como concentradores primarios de oro libre, sistema de energía con paneles de control, y bomba de agua, todo montado en un remolque, ver fotografía 16.



Fotografía 15: Planta de Lavado MPP 100

La MPP 100 posee sistemas hidráulicos accionados por un motor de combustión interna CATERPILLAR C4.4. Para su diseño y construcción, las partes móviles se consideraron y eligieron por su capacidad de intercambio y de fácil sustitución en casi todos los países, esta planta está especialmente diseñada para adaptarse a contenedores marítimos estándar para el envío fácil a todo el mundo.

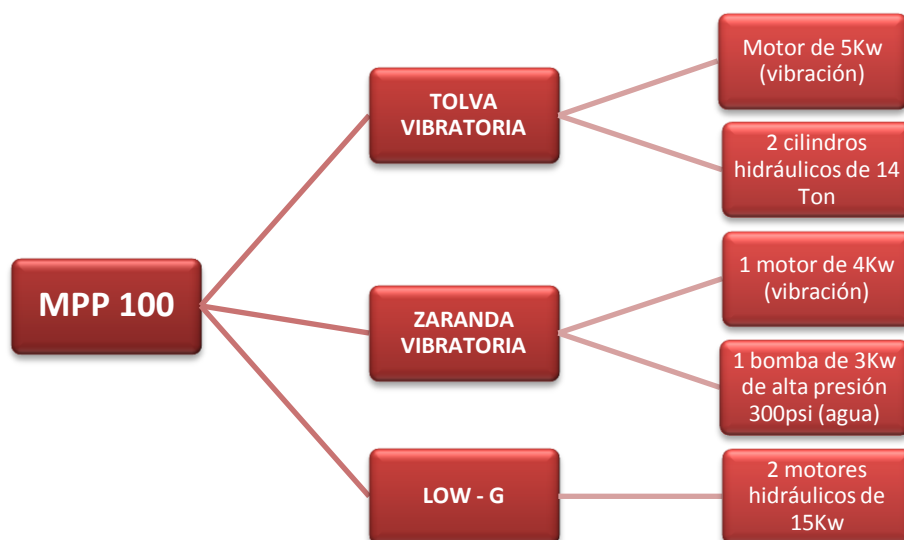


Ilustración 28: Componentes de la planta de lavado MPP 100

6.2.1. Tolva y Criba vibratoria

Cuenta con un sistema de lavado mediante duchas que distribuyen la presión del agua en toda la superficie de lavado (tolva de alimentación y criba vibratoria),

adicional cuenta con una torre de control dotado además de una pistola con boquilla o chorrero con reducción de $\frac{1}{2}$ ", como se observa en la fotografía 17.



Fotografía 16: Tolva y criba vibratorias con sistema de chisperos y chorrero

La planta de lavado, en su Tolva de Alimentación con capacidad de 4 m^3 posee un motor vibrador, adicionada también con una serie de chisperos en su periferia superior que ayudan al eficiente lavado de la grava aurífera; la grava posteriormente fluye hacia la Criba Vibratoria *Screen Deck*, dotada con cribas de caucho de espesor 1cm y con perforaciones cuadrangulares, donde se clasifica gravimétricamente por tamaño los cantos rodados, el material del cual está construida la criba, garantiza su vida útil máxima teniendo mayor duración ya que al estar construida de caucho sufre menos desgaste por golpe y fricción, el material menor $\frac{1}{2}$ " conocido como pulpa se dirige a los Centrifugadores Horizontales *Low-G* para la recuperación primaria del oro libre. El resultado de procesar la grava aurífera con la planta MPP-100 son los concentrados primarios de oro, que finalmente se reconcentra con el concentrador helicoidal *Finisher*.

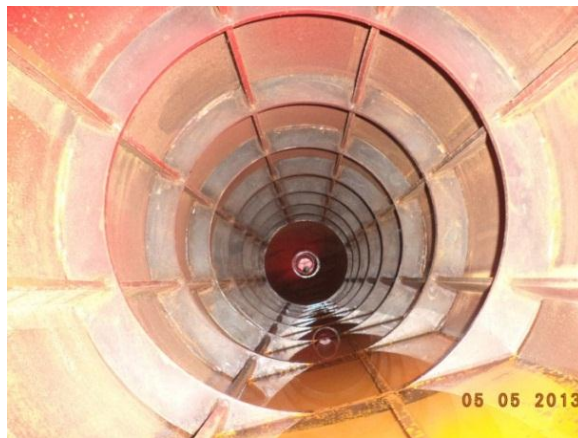
La recuperación del área intervenida por la extracción de la grava, es fácil y a la vez económica, ya que los relaves del mineral se los puede dirigir a la derecha o izquierda de la planta de lavado, lo cual facilita el relleno de las excavaciones conforme avanza la dirección de la explotación.

En la actualidad, el equipo de Concentración por medio del Centrifugador Horizontal *Low-G*, se ha perfeccionado para procesar grandes volúmenes en la recuperación primaria de oro fino, y el Concentrador Helicoidal como un recuperador de acabado refinado, dejando el oro en su mayor parte libre y limpio de impurezas.

6.2.1 Low - G

Es un equipo del tipo concentrador de minerales pesados, basado en la fuerza centrífuga (G-Force), diseñado para funcionar con agua limpia o turbia, lo que lo hace ideal para aplicaciones de recirculación de agua. Se realiza una alimentación continua con pulpa (agua y mineral) y el equipo al rotar a altas velocidades, efectúa la separación gravitacional de la carga en un campo centrífugo. El material que ingresa a los dos Low-G es de tamaño $< \frac{1}{2}$ ".

Las cámaras internas se llenan de material y la pulpa más ligera generalmente conformada por minerales estériles, como lo es en nuestro caso, forma la capa exterior que es expulsada por centrifugación a 870 RPM; mientras que los minerales, metales de oro y pesados, se ven obligados a adherirse a las paredes de las cámaras donde están atrapados hasta descargarlos cuando se disminuye gradualmente las revoluciones del Low-G.



Fotografía 17: Vista interna del Low-G

Ensayos realizados, demuestran que a medida que la pulpa entra continuamente al Low-G, las partículas pesadas desplazan a las partículas ligeras. Cuando las primeras cámaras están llenas, el material pasa a la segunda cámara, y así sucesivamente hasta que la centrífuga esté llena. Los intervalos de tiempo para la descarga se han determinado experimentalmente; y es posible que al incrementar el tiempo de operación se eleve el factor de enriquecimiento en el concentrado, pero disminuye la recuperación total, porque las partículas de oro fino también se pierden progresivamente durante el lavado. Como resultado se estableció el procedimiento para la descarga de los concentrados:

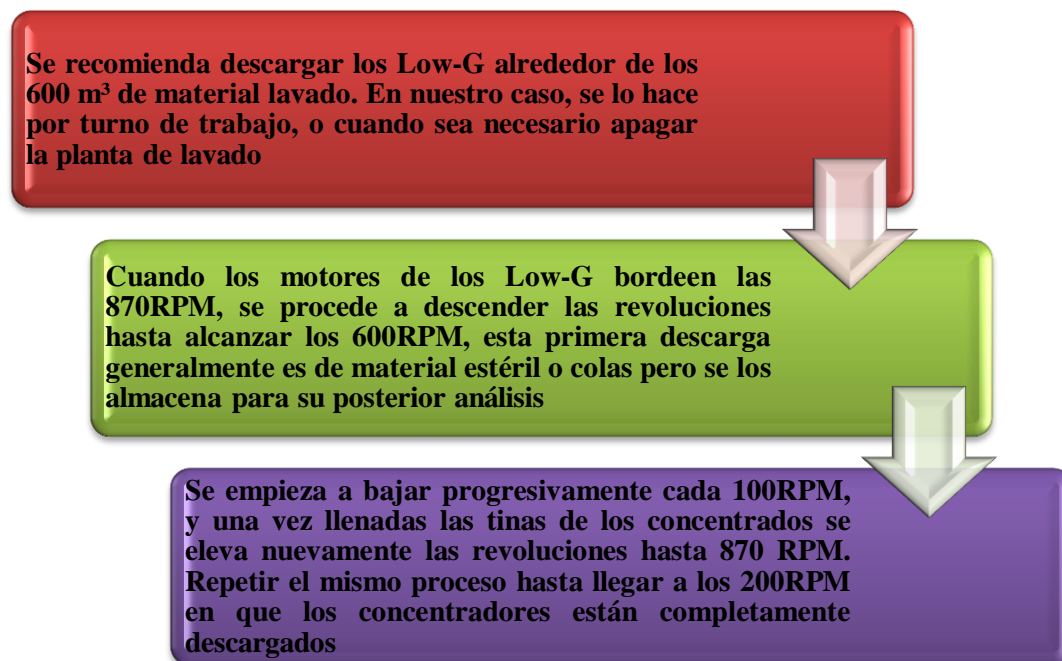


Ilustración 29: Proceso de descarga de concentrados de los Low-G

Una desventaja de los centrifugadores, es que por lo general no trabajan verdaderamente de manera continua, es decir, la operación debe ser periódicamente interrumpida para descargar el concentrado retenido en el lecho de las paredes del concentrador. Esto implica una paralización en las actividades de aproximadamente 30 minutos.

El Low-G de 30" puede recuperar en un 99% el oro libre de 100 mallas (150 μm) y un porcentaje de recuperación entre el 80% a 90% del oro libre de 200 mallas (75 μm). Las tasas de recuperación de partículas libres de oro menor a 300 mallas, empieza a ponerse fuera del alcance de los medios de concentración física y requieren métodos de separación química, ya que este oro es muy fino, casi coloidal y tiende a permanecer en suspensión en el agua.

Para hacer funcionar la centrífuga, se establece la velocidad de circulación en marcha de 870 RPM en el tacómetro, girando el botón de control de velocidad. Se da inicio al flujo de agua y se alimenta de pulpa. Para recuperar el concentrado al final de la jornada de trabajo, se coloca un recipiente por debajo del canal de descarga. Se detiene la alimentación de mineral y el ingreso de agua alrededor de 25 GPM, y se deja que funcionen los Low-G a 870 RPM durante 10 minutos, esto expulsará el exceso de material estéril fuera del concentrado. Se comienza a frenar

la centrífuga girando la perilla de control de velocidad, en descensos 100 RPM cada 5 minutos. A la mitad del proceso se comienza a ver el concentrado. Mantener ralentizada la centrífuga en descensos de 50 RPM cada pocos minutos hasta llegar a 200 RPM, donde a esa velocidad todo el concentrado va a salir en 10 a 15 minutos, ver fotografía 19.



Fotografía 18: Descarga de concentrados

Cuando se descarga totalmente los Low-G se obtiene 7 cubas de $0,40 \text{ m}^3$ cada una, lo que representa $2,80 \text{ m}^3$ de concentrados con tamaño menor a $\frac{1}{2}$ ". La mejor manera de procesar este material, es por medio del Finisher o Concentrador Helicoidal, diseñado para tomar el concentrado centrifugado primario y recuperar incluso el oro fino.

6.3. Calibración

En primer lugar se debe nivelar la Planta horizontalmente acoplándole a la morfología del terreno, pero por seguridad no se debe elevar demasiado debido a su peso. Al encender el motor de combustión interna Caterpillar C4.4 se controla que alcance las 2000 RPM en el manómetro del motor.

Según las características del material presente en el frente de trabajo del Porvenir y las especificaciones técnicas recomendadas para el uso de la planta de lavado MPP-100. Se utiliza alrededor de los 10° como ángulo de inclinación para la tolva de recepción, debido al contenido bajo de arcilla en la grava aurífera. A mayor contenido de arcilla, mayor ángulo de inclinación de la tolva; pero cabe recalcar que si el material contiene más del 30% de arcilla no se recomienda usar dicha planta.

Al abrir el paso de agua hacia las flautas y por ende a los chisperos, la manija de la Bomba de Agua *Water Pump* de manera habitual se mantiene en nivel 5 de 10, según el contenido de arcilla y de la necesidad de alimentación de agua hacia los centrifugadores horizontales *Low-G*.

La vibración de la tolva *Hopper* debe encontrarse en un nivel de 4 a 5, mientras que la vibración de la criba *Screen Deck* se mantiene generalmente en un nivel de 6; aumentando según el contenido de arena presente y teniendo como nivel máximo 10.



Fotografía 19: Tacómetros del motor de combustión interna y Low-G

Graduar que las revoluciones del motor de cada Centrifugador Horizontal se mantengan en los 870 RPM cada uno, con una variación permitida de ± 50 RPM.

Alimentación de energía mecánica

- 1 Motor combustión interna Caterpillar C4.4
- 2 bombas hidráulicas de direccionamiento de 25Kw c/u (control de sistema hidráulico)
- 1 Bomba de presión de agua de 115 psi (sistema de alimentación y lavado)

Listado de Bombas Externas

- Bomba de Succión (achique): diámetro de 6", motor MWM a diesel de 45HP / 1350RPM, marca Gorman Rupp y modelo t6a3s-b, caudal 340m³/h, presión 79psi, altura 35 metros

- Bomba de Presión (alimentación): diámetro de 4", marca Honda, caudal 69m³/h, presión 78psi, modelo NB30XT, altura 28 m, motor a gasolina de 25HP / 3200RPM, auxiliar del tanque de reserva

Equipos de tratamiento de concentrados auríferos

- Concentrador Espiral Helicoidal - Finisher
- Laboratorio móvil - full equipment

6.4 Diagrama de Flujo – Planta de Lavado MPP 100

DIAGRAMA DE FLUJO – LAVADO DE LA GRAVA AURÍFERA

PLANTA MPP 100

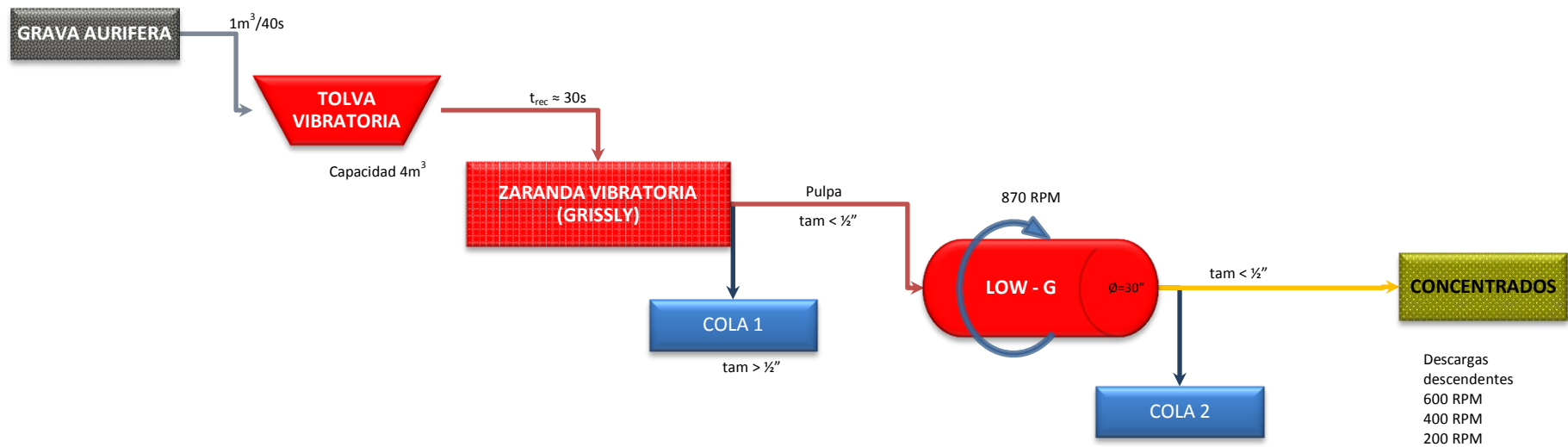


Ilustración 30: Diagrama de flujo - Lavado y clasificación de la grava aurífera con la planta MPP 100

6.5 Tratamiento de concentrados

Un container está convertido en el laboratorio de oro móvil de la ENAMI EP en el Proyecto Río Santiago, a donde se traslada los concentrados primarios para su procesamiento. Dicho laboratorio está equipado para realizar ensayos al fuego, granulometría, y fundición barras de oro Doré (Anexo No.17). En su interior se distingue dos secciones: la *sección seca*, para la realización de tareas de laboratorio; y la *sección húmeda* para la fundición, ensayos y procesamiento de re-concentración con el concentrador Helicoidal o Finisher.



Fotografía 20: Laboratorio de Oro

- La sección seca: incluye la instalación de pared aislada. Contiene gabinetes de madera y estanterías, fregadero, superficie para el secado, puerta de acceso seguro a la sección sucia de la instalación, iluminación, plomería y electricidad con interruptor.
- La sección húmeda: incluye la instalación de una campana extractora, mesa panorámica de fundición, tablero de ollas de oro, filtro de arena de 50 GPM, fontanería e instalación eléctrica.

6.6 Diagrama de Flujo – Tratamiento de Concentrados Auríferos

DIAGRAMA DE FLUJO – TRATAMIENTO DE CONCENTRADOS AURÍFEROS

CONCENTRADOR HELICOIDAL “FINISHER”

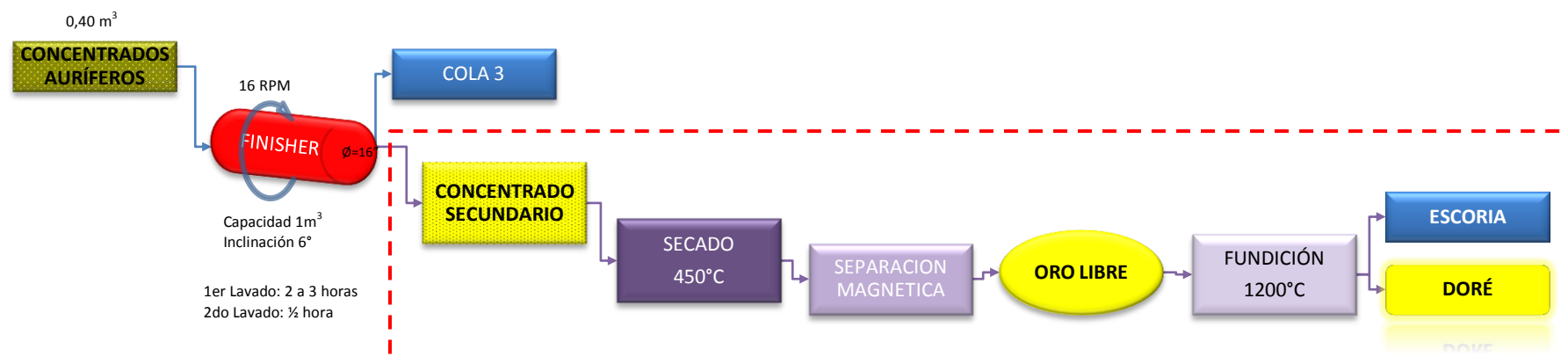


Ilustración 31: Diagrama de Flujo – Tratamiento de reconcentración aurífera con el Finisher

6.6.1 Concentrador Espiral Helicoidal

Para el tratamiento de los concentrados, se utiliza el concentrador helicoidal gravitacional “Finisher” (Anexo No.18), para acortar el tiempo de limpieza al tener concentrados primarios en grandes volúmenes. Cada recipiente de $0,40 \text{ m}^3$ es tratado durante 2 a 3 horas, controlando siempre las colas para evitar fugas de oro y si es necesario graduar la inclinación del concentrador Finisher, ver fotografía 21, en nuestro estudio se trabajó con una inclinación de 6° como inclinación adecuada para este tipo de oro.



Fotografía 21: Concentrador Helicoidal - Finisher

Descripción del *Finisher*:

- Diámetro: 16"
- Produce concentrado secundario de oro
- Velocidad de producción: $\frac{1}{3} \text{ m}^3$
- Consumo de agua: 57 l/h
- Requisitos de alimentación: $\frac{1}{2} \text{ HP}$
- Dimensiones: 84"x 36" x 60" (Largo x Ancho x Alto)
- Peso del envío: 775 libras
- Abastecimiento de agua con bomba de alimentación

Finalmente, el material resultante será un concentrado secundario que se seca a 450°C y mediante un proceso de separación magnética, se obtiene el oro libre para su posterior fundición.



Fotografía 22: Secado y separación del oro libre

6.6.2 Fundición

La operación de recuperación de oro, en su totalidad se realizó mediante sistemas gravimétricos, sin la utilización de sustancias químicas. Una vez obtenidos los concentrados secundarios auríferos por medio del Finisher, se somete a un proceso de separación magnética consiguiendo de esta manera el oro libre.

Para el proceso de fundición se utiliza una solución fundente en polvo llamado “Flux” preparado en el laboratorio, mismo que contiene una mezcla homogénea de Hidróxido de Sodio o Sosa Cáustica (NaOH) y Sílice como agentes de fluidez, además de Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) como disolvente de óxidos metálicos y limpiador de impurezas.

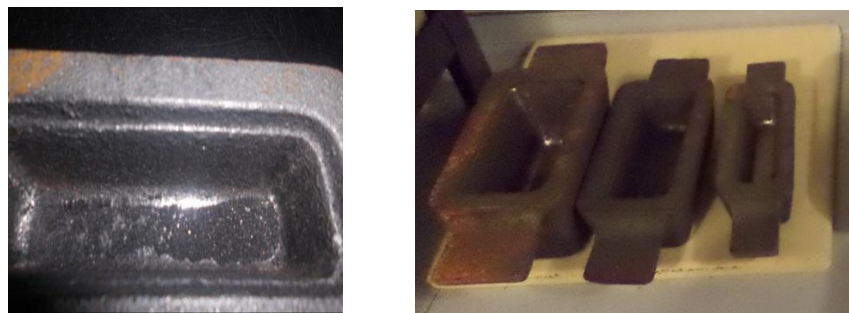
El procedimiento de fundición se ejecuta según lo descrito a continuación:

- a. **Calentamiento del horno de fundición:** el horno eléctrico debe alcanzar la temperatura mínima de $1.064,18^\circ\text{C}$, (temperatura de fundición del oro), pero generalmente se trabaja a 1.200°C . Alcanzar dicha temperatura toma cerca de 5 horas.



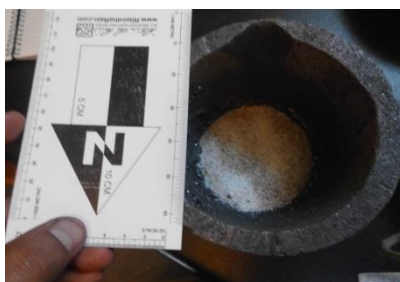
Fotografía 23: Horno eléctrico de fundición

- b. **Preparación de lingotera:** se reviste con polvo de grafito a las paredes internas de la lingotera, para evitar adherencias de metal y agrietamiento al momento del vaciado.



Fotografía 24: Preparación de las lingoteras con polvo de grafito

- c. **Cálculo del reactivo de fundición y preparación de crisol:** en un crisol se vierte el oro libre junto con “Flux” equivalente al 3% del peso del oro libre y se homogeniza. Esta mezcla se coloca en un crisol de grafito, cubriendo con un poco de reactivo de fundición sobre el contenido para evitar salpicaduras, y se introduce al horno eléctrico durante un tiempo prudente, tomando como referencia que para procesar 1.000 g de oro libre dura entre 45 a 60 min, ver fotografía 25.



Fotografía 25: Preparación con el reactivo de fundición "Flux"

- d. **Vaciado del metal:** una vez alcanzada la temperatura de fusión del oro ($1.064,18^{\circ}\text{C}$), se procede a extraer el crisol del interior del horno y a verter el metal fundido en la lingotera, ver fotografía 26.



Fotografía 26: Vaciado del oro fundido

- e. **Enfriamiento del lingote:** luego de vaciar el oro en la lingotera, se espera un lapso de tiempo de enfriamiento de 3 a 5 minutos, se voltea el lingote sobre una plancha metálica, con una pinza se sujeta la barra para sumergirla durante unos segundos en agua acidulada e inmediatamente se introduce en agua para su total enfriamiento, como se visualiza en la fotografía 27.



Fotografía 27: Enfriamiento del lingote

- f. **Separación de escorias y limpieza de la barra doré:** una vez enfriado el lingote, se despegan las escorias de fundición adheridas a su superficie con golpes suaves empleando un martillo, hasta dejarlo limpio.



Fotografía 28: Limpieza del lingote

- g. **Pesaje del lingote:** finalmente se pesa y registra la barra doré para su comercialización con el Banco Central del Ecuador.

6.6.3 Estimación de reducción o merma del oro libre al ser fundido

Para analizar la reducción o merma del oro libre, se determinó la cantidad de reducción del oro en el frente del Porvenir, con el fin de establecer una media de “merma” que permita estimar el porcentaje de reducción alcanzado hasta el momento.

PRODUCCIÓN ENAMI EP "EL PORVENIR"						
BLOQUE No.	AREA (m ²)	POTENCIA (m)	VOLUMEN (m ³)	ORO LIBRE (g)	BARRA DORÉ (g)	CODIGO BARRA
1	827,926	4,32	3.576,64	299,49	286,52	8A - 0001
2	846,230	4,04	3.418,77	1.003,76	967,96	8A - 0003
3	1.235,405	4,11	5.077,51			
4	1.760,512	4,23	7.446,97			
5	1.194,481	4,19	5.004,88	630,4	600,35	8A - 0004
6	1.076,710	4,52	4.866,73			
7	561,118	4,36	2.446,47			
TOTAL				1.933,65	1.854,83	

Tabla 26: Producción del frente "El Porvenir"

Como resultado de los siete bloques explotados en el frente “El Porvenir”, se obtuvo 1.933,65 gramos de oro libre, fundidos en tres barras que suman 1.854,83 gramos, donde se observa una reducción correspondiente al 4,08% de “merma”, valor aceptable ya que se disminuye por la presencia de impurezas.

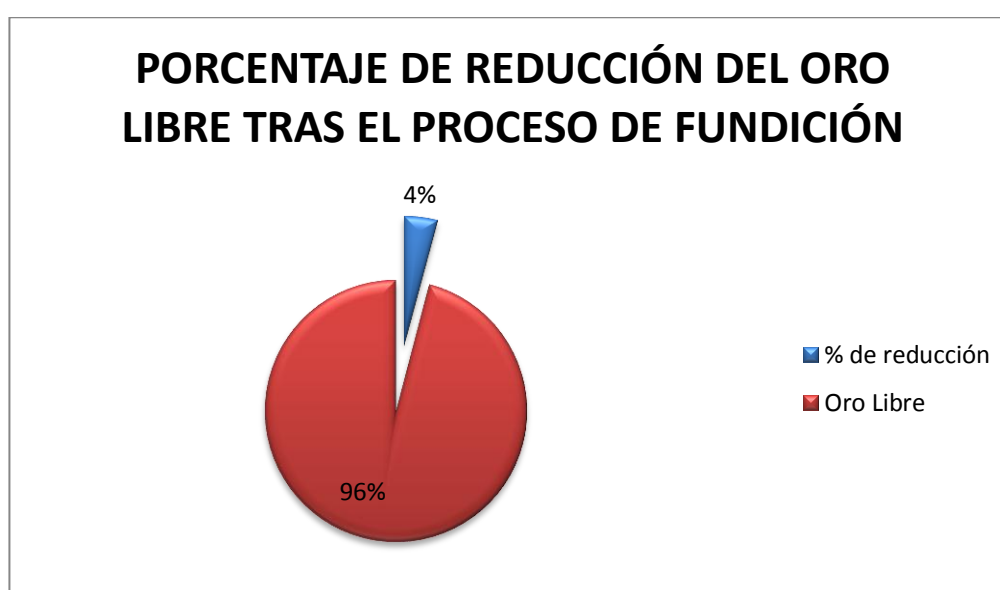


Ilustración 32: Gráfico de reducción del oro por fundición

6.6.4 Pureza del oro

El oro libre procedente del Proyecto Río Santiago, tiene alta pureza que ha sido determinada por los ensayos realizados por el Banco Central del Ecuador, alcanzando un porcentaje de oro fino del 88,24%.

El grado de pureza del oro vendido por la ENAMI EP, se estima por el Banco Central del Ecuador, mediante la “ley del oro”, que se basa en el principio de Arquímedes.

La “ley del oro” se obtendrá por el principio de Arquímedes, traducido en la siguiente fórmula:

Ley de Oro = K

$$K = \frac{2,193 - [(Ps - Ph) * 23,028]}{Ps}$$

Donde:

Ps = Peso seco

Ph = Peso húmedo

El peso húmedo (Ph) se lo establece con el uso de una balanza de densidad calibrada en (g/cm³) modelo PCE-DB 600, propiedad del Banco Central del Ecuador.



Ilustración 33: Balanza de densidad, modelo PCE-DB 600

Luego para determinar la cantidad de oro fino en gramos, se multiplica la “Ley de Oro” (K) por el peso seco (Ps), acorde a la siguiente fórmula de cálculo:

$$K * Ps = \text{“oro fino”}$$

El valor a pagar será el resultado de este valor de “oro fino”, multiplicado por el precio del gramo y su equivalente en onzas troy.

Para llegar a la deducción de esta fórmula, se considera que el peso seco es el peso total de la barra doré:

$$(1) \quad P_s = P_b$$

Como la densidad de un cuerpo (D) es la relación entre la masa y el volumen del cuerpo ($D=M/V$), en nuestro caso sería:

$$(2) \quad D_b = M_b / V_b$$

Considerando que el volumen de la barra doré está compuesta por oro y plata, se tiene

$$(3) \quad V_b = V_{Au} + V_{Ag}$$

En base a esto, el peso de la barra será igual a la sumatoria de los pesos de oro y plata, entonces

$$(4) \quad P_b = P_{Au} + P_{Ag}$$

Como la masa de la barra es igual al peso de la misma, que se mide en la balanza, tenemos

$$(5) \quad M_b = P_b$$

Partiendo de la ecuación (2) $D_b = M_b / V_b$ y reemplazando según la ecuación

(5), se obtiene $D_b = P_b / V_b$

Reemplazando el denominador con la ecuación (4)

$$D_b = P_b / (V_{Au} + V_{Ag})$$

Como el volumen es igual al peso dividido para su densidad, resulta

$$D_b = P_b / (P_{Au}/D_{Au} + P_{Ag}/D_{Ag})$$

Resolviendo el producto del denominador de la ecuación, tenemos

$$D_b = (D_{Au} * D_{Ag} * P_b) / (D_{Ag} * P_{Au} + D_{Au} * P_{Ag})$$

En base a la ecuación (4) y despejando el peso de la plata (P_{Ag})

$$D_b = (D_{Au} * D_{Ag} * P_b) / (D_{Ag} * P_{Au} + D_{Au} * (P_b - P_{Ag}))$$

Despejando la adición del denominador, resulta

$$Db = (D_{Au} * D_{Ag} * Pb) / (D_{Ag} * P_{Au} + D_{Au} * Pb - D_{Au} * P_{Au})$$

Agrupando los términos que contienen al peso de oro, se tiene

$$Db = (D_{Au} * D_{Ag} * Pb) / ((D_{Ag} - D_{Au}) * P_{Au} + D_{Au} * Pb)$$

Pasando el denominador del segundo término al primer término, queda

$$(D_{Ag} - D_{Au}) * P_{Au} + D_{Au} * Pb = D_{Au} * D_{Ag} * Pb / Db$$

Pasando las densidades del oro y la plata del segundo término al primero

$$(D_{Ag} - D_{Au}) / (D_{Au} * D_{Ag}) * P_{Au} + D_{Au} / (D_{Au} * D_{Ag}) * Pb = Pb / Db$$

Eliminando la densidad del oro del primer miembro y cambiando el segundo miembro al primer miembro

$$(D_{Au} - D_{Ag}) / (D_{Au} * D_{Ag}) * P_{Au} = Pb / D_{Ag} - Pb / Db$$

Dividiendo Pb en ambos miembros, resulta

$$(D_{Au} - D_{Ag}) / (D_{Au} * D_{Ag}) * P_{Au} / Pb = 1 / D_{Ag} - 1 / Db$$

Reemplazando la ecuación (2)

$$(D_{Au} - D_{Ag}) / (D_{Au} * D_{Ag}) * P_{Au} / Pb = 1 / D_{Ag} - Vb / Pb$$

Pasando los valores de la densidad del oro y la plata, al segundo miembro, nos queda que:

$$P_{Au} / Pb = D_{Au} / (D_{Au} - D_{Ag}) - D_{Au} * D_{Ag} / (D_{Au} - D_{Ag}) * ((Ps - Ph) / Ps)$$

Como el primer término nos indica la proporción entre el peso del oro y el peso total de la barra, y si a ello lo multiplicamos por cien, tenemos el porcentaje de oro de la barra, lo que nos da la fórmula matemática para la obtención de la pureza de oro que tiene la barra u “oro fino”

$$\% Au = (D_{Au} / (D_{Au} - D_{Ag}) - D_{Au} * D_{Ag} / (D_{Au} - D_{Ag}) * ((Ps - Ph) / Ps)) * 100$$

Reemplazando los valores de la densidad del oro y la plata, que se menciona en la nomenclatura inicial, nos queda:

$$\% Au = (19,3 / (19,3 - 10,5) - 19,3 * 10,5 / (19,3 - 10,5) * ((Ps - Ph) / Ps)) * 100$$

Finalmente,

$$\% \text{ Au} = (2.193182 - 23.028409 * (\text{Ps} - \text{Ph})/\text{Ps}) * 100$$

Esta fórmula aplica el Banco Central del Ecuador para la comercialización de las barras doré.

6.6.4.1 Cálculo del Oro Fino

FECHA DE COMERCIALIZACIÓN	CODIGO BARRA	PESO SECO (g)	PESO HUMEDO (g)	PUREZA (%)	KILATAJE (qt)	ORO FINO (g)
29/08/2013	8A - 0001	286,52	270,44	90,06	21,6	258,05
20/09/2013	8A - 0003	967,96	923,15	87,30	20,9	845,07
06/11/2013	8A - 0004	600,35	565,95	87,35	20,9	524,40
		1854,83				1627,52

Tabla 27: Cálculo del oro fino - Banco Central del Ecuador

Los resultados de los ensayos realizados a las barras de oro fundido, demuestran que el oro proveniente del el frente “El Porvenir” tiene una pureza 88,24%, un porcentaje elevado que indica la alta concentración de oro fino, mientras que el 11,76% corresponde a la aleación con otros metales.

Barra 8A – 0001:

$$K = \left(\frac{2,193 - [(286,52 \text{ g} - 270,44 \text{ g}) * 23,028]}{286,52 \text{ g}} \right) * 100\% = 90,06 \%$$

$$\text{Oro fino} = 286,52 \text{ g} * 0,90063 = 258,048 \text{ g}$$

Barra 8A – 0001:

$$K = \left(\frac{2,193 - [(967,96 \text{ g} - 923,15 \text{ g}) * 23,028]}{967,96 \text{ g}} \right) * 100\% = 87,30 \%$$

$$\text{Oro fino} = 967,96 \text{ g} * 0,87304 = 258,068 \text{ g}$$

Barra 8A – 0001:

$$K = \left(\frac{2,193 - [(600,35 \text{ g} - 565,95 \text{ g}) * 23,028]}{600,35 \text{ g}} \right) * 100\% = 87,35 \%$$

$$\text{Oro fino} = 600,35 \text{ g} * 0,8735 = 524,40 \text{ g}$$

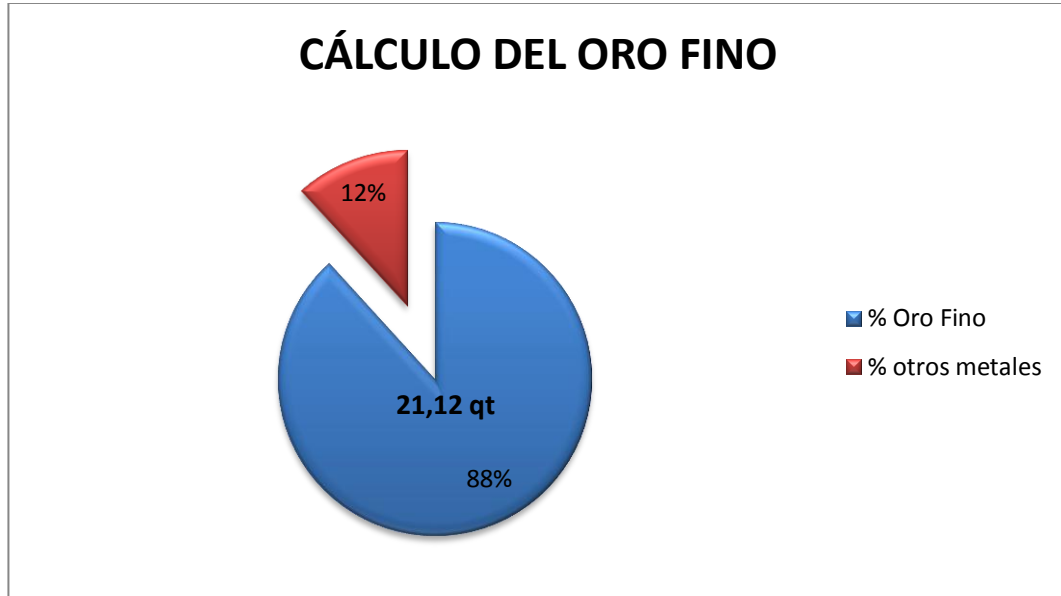


Ilustración 34: Oro fino total de la producción del frente El Porvenir

6.6.5 Razón de Concentración

Es la razón entre el peso del mineral de cabeza y el peso del concentrado. En términos prácticos, se refiere a los metros cúbicos de grava necesarios para obtener un metro cúbico de concentrado. Para la deducción de la Razón de Concentración (K) se aplica los valores de las leyes de cabeza, colas y concentrados calculados en el capítulo III, aplicando la siguiente fórmula:

$$K = \frac{c - t}{f - t}$$

Donde,

c – Ley del mineral en el concentrado

f – Ley de cabeza de la grava

t – Ley de las colas

$$K = \frac{214,47 \frac{g}{m^3} - 0,0021 \frac{g}{m^3}}{0,098 \frac{g}{m^3} - 0,0021 \frac{g}{m^3}}$$

$$K = 2.236,37 \rightarrow 22:1$$

6.6.6 Recuperación

Es la relación en porcentaje entre el contenido útil obtenido del concentrado y la masa del material útil de la alimentación o en la cabeza. La recuperación (R) se calcula mediante la fórmula:

$$R = \frac{c * 100\%}{K * f}$$

Donde,

c – Ley del mineral en el concentrado

f – Ley de cabeza

K – Razón de concentración

$$R = \frac{214,47 \frac{g}{m^3} * 100\%}{2.236,37 * 0,098 \frac{g}{m^3}}$$

$$R = 97,86 \%$$

6.6 Costos de posesión y operación

Para el cálculo de costos de posesión y operación nos basaremos en la teoría ya descrita en el capítulo V.

6.6.1 Planta Móvil de Lavado MPP 100

DATOS	UNIDAD	VALOR
Precio de entrega (P)	\$	295000
Precio de reventa (S)	\$	250000
Porcentaje al final de la depreciación	%	0,20
Vida útil (catálogo)	horas	14000
Tiempo de operación por año	horas	2500
Periodo de utilización (N)	año	0,5
Periodo de Amortización	años	6
Tasa de interés anual	%	14
Tasa de seguros por año	%	2

Disponibilidad	%	90
Contrato de mantenimiento preventivo	\$	7500 a las 2000 horas
Reparaciones	\$	3000 en 2 años
Costo de reemplazo de neumáticos	\$	11400 y dura 4000 horas
H/L	\$	800 y dura 1500 horas
Potencia al volante (catálogo)	HP	134,4
Precio combustible	\$/gal	3,47
Salario anual operadores (2)	\$	8769,67

COSTOS DE POSESIÓN

$$a) \text{ Costo por hora de depreciación} = \frac{\text{Precio de entrega} - \text{Precio de reventa}}{\text{Total horas de operación} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\$295.000 - \$250.000}{1.250 \text{ horas} * 90\%}$$

$$= 40,00 \frac{\$}{\text{hora}}$$

$$b) \text{ Costo por hora de interés} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de interés simple}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$295.000(0,5+1)}{2(0,5)} * 0,14}{2.500 * 0,90}$$

$$= 27,53 \frac{\$}{h}$$

$$c) \text{ Costo por hora de seguros} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de seguro}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$295.000(0,5+1)}{2(2)} * 0,02}{2.500 * 0,90}$$

$$= 3,93 \frac{\$}{h}$$

d) Costo de Posesión

Depreciación 40,00 $\frac{\$}{h}$

Intereses 27,53 $\frac{\$}{h}$

Seguros 3,93 $\frac{\$}{h}$

$$\text{Costo de Posesión TOTAL} = 71,47 \frac{\$}{h}$$

COSTOS DE OPERACIÓN

e) *Costo por hora de combustible =*

*Consumo por hora * Precio del combustible*

$$= (0,04 * 134,4 \text{ HP}) * 3,47 \frac{\$}{gal}$$

$$= 18,67 \frac{\$}{gal}$$

f) *Costo por hora de lubricantes, filtros y grasas (mantenimiento) =*

$$\frac{\text{Costo mantenimiento preventivo}}{\text{Tiempo en horas para realizar mantenimiento preventivo}}$$

$$= \frac{\$ 7.500}{2.000 \text{ h}}$$

$$= 3,33 \frac{\$}{h}$$

g) *Costo horario de neumáticos =* $\frac{\text{Costo de reemplazo}}{\text{Duración total}}$

$$= \frac{\$ 11.400}{4000 \text{ h}}$$

$$= 2,85 \frac{\$}{h}$$

h) *Costo horario en reservas para reparaciones =* $\frac{\text{Costo de reparación}}{\text{Horas de uso}}$

$$= \frac{\$3.000}{5.000 \text{ h}}$$

$$= 0,60 \frac{\$}{h}$$

i) *Costo horario de elementos de desgaste especial =* $\frac{\text{Costo de reemplazo}}{\text{Duración estimada}}$

$$= \frac{\$1.000}{1.500 \text{ h}}$$

$$= 0,67 \frac{\$}{h}$$

j) *Costo horario salario operador =* $\frac{\text{Ingresos totales por año}}{\text{Horas por año * Disponibilidad}}$

$$= \frac{\$ 8.769,67}{2.500 \frac{h}{año} * 0,90}$$

$$= 3,90 \frac{\$}{h}$$

k) Costo de Operación

Combustible	18,67 $\frac{\$}{h}$
Lubricantes, filtros, grasas	3,75 $\frac{\$}{h}$
Neumáticos	2,85 $\frac{\$}{h}$
Reservas para reparaciones	0,60 $\frac{\$}{h}$
Elementos de desgaste especial	0,67 $\frac{\$}{h}$
Salario anual operadores (2)	3,90 $\frac{\$}{h}$

$$\text{Costo de Operación TOTAL} = 30,44 \frac{\$}{h}$$

Finalmente,

$$\text{Costos de Posesión} = 71,47 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costos de Operación} = 30,44 \frac{\$}{h}$$

$$\text{COSTO HORARIO TOTAL} = 101,90 \frac{\$}{h}$$

6.7 Rendimiento

DATOS	UNIDAD	VALOR
Capacidad de la tolva (Q)	m ³	4,00
Periodo del ciclo (T)	min	2,40
Factor de carga o coeficiente de llenura de la tolva (ll)	adimensional	1,05
Coeficiente de esponjamiento (e)	adimensional	1,15 grava y arena
Tiempo ininterrumpido de trabajo (Ti)	h	1,00
Tiempo de pérdidas inevitables en 1 hora (Tp)	h	0,15
Coeficiente de pérdidas de material durante el cargado (Kpe)	adimensional	0,95

a) Rendimiento teórico o de catálogo

$$R_{cat} = \frac{Q * 60}{T}$$

$$R_{cat} = \frac{4,00 \text{ m}^3 * 60}{2,40 \text{ min}}$$

$$R_{cat} = 100,00 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

b) Rendimiento técnico

$$R_{tec} = R_{cat} * \frac{l_l}{e} * \frac{T_i}{T_i + T_p}$$

$$R_{tec} = 100,00 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1,05}{1,15} * \frac{1}{1 + 0,15}$$

$$R_{tec} = 79,01 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

c) Rendimiento práctico

$$R_{prac} = R_{tec} * K_{pe}$$

$$R_{prac} = 79,40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0,95$$

$$R_{prac} = 75,43 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

CAPÍTULO VII

7. PROCESAMIENTO DE DATOS

7.1 Correlación

La correlación indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables, donde dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra: si tenemos dos variables (A y B) existe correlación si al aumentar los valores de A lo hacen también los de B y viceversa.

Entre las variables que influyen directamente sobre el Proyecto se ha considerado como los más relevantes: el precio del oro y el costo de adquisición del combustible, por lo que se analizarán detalladamente.

7.1.1 Precio del oro

El costo de la onza troy de oro equivalente a 31,1034768 gramos, ha venido variando significativamente durante los últimos años, influyendo de manera directa sobre el costo de explotación en las minas y su rentabilidad.

A nivel internacional, el precio del oro ha tenido una fuerte fluctuación durante los últimos once años (2002 - 2013), variando desde 300 a 1.890 USD/onza troy; actualmente, el precio se encuentra a \$1.279,80 la onza troy con tendencia a la baja¹².

¹² Fuente: www.kitco.com, fecha de consulta 01/04/2014



Ilustración 35: Evolución del precio del oro, según Portfolio Personal

El creciente interés mundial sobre el metal y la incertidumbre en torno al dólar, llevaron a los ahorristas a considerarlo como alternativa a la hora de resguardar su dinero. La demanda de este activo se duplicó y hasta triplicó en algunas entidades que lo comercializan, porque ven que el dólar es inestable mientras que el oro no para de avanzar y no pierde su valor. La demanda mundial de oro alcanzó 963 toneladas en el primer trimestre 2013. Del mismo modo, la demanda de lingotes de oro físico y monedas de oro en EE.UU. aumentó un 43% en el primer trimestre de 2013 en comparación con el primer trimestre de 2012, ver ilustración 35.

Para observar la variación mencionada, se elaboró un histograma, ver ilustración 36, considerando valores mensuales a partir del año 2010 hasta el presente mes de febrero 2014, con el fin de estudiar su influencia en los Ingresos de capital en la mina, presentado en el siguiente histograma, sin antes mencionar que para nuestro estudio se trabajará con el valor de **1.459,79 USD/onza troy**, tendencia del precio promedio en referencia a precios reales históricos, durante el periodo de 2010 a 2014 (Anexo No.19).

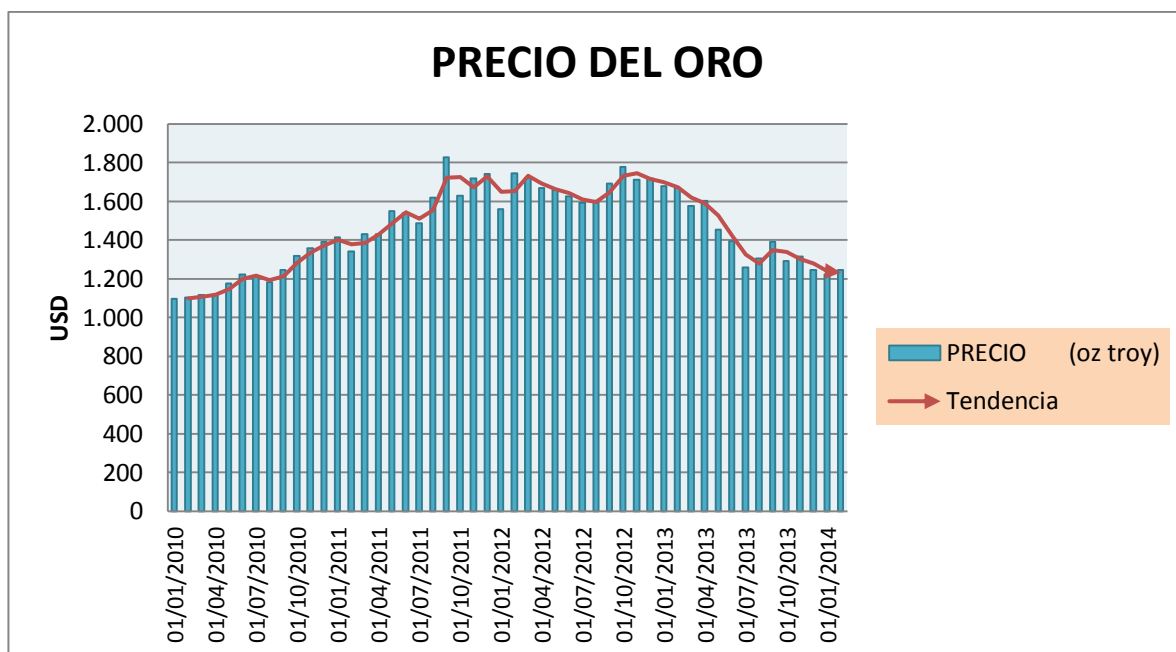


Ilustración 36: Histograma del precio de la onza troy de oro, periodo 2010 -2014

7.1.2 Consumo de Combustible

El combustible utilizado en el Proyecto Río Santiago, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2011 es del tipo Diesel No. 2, que es el combustible utilizado para uso industrial y para motores de combustión interna de autoignición. Dicho combustible es adquirido a la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), misma que ha variado de precio durante el año 2013, si bien no ha habido grandes alzas, influye en el precio de egresos de la mina, razón por la cual presentamos un balance:

PRECIO DE COMBUSTIBLE - AÑO 2013 PROYECTO RÍO SANTIAGO						
FECHA	PRODUCTO	CANTIDAD (gal)	PRECIO UNITARIO (\$)	SUBTOTAL (\$)	IVA (\$)	COSTO (\$)
26/04/2013	DIESEL No 2	20.000	3,19	63.769,58	7.652,35	71.421,93
18/09/2013	DIESEL No 2	31.000	3,19	98.882,68	11.865,92	110.748,60
29/11/2013	DIESEL No 2	13.454	2,97	39.998,11	4.799,77	44.797,88
19/12/2013	DIESEL No 2	25.700	2,99	76.926,55	9.231,19	86.157,74
	TOTAL	90.154				313.126,15

Tabla 28: Consumo y precio del combustible del Proyecto Río Santiago

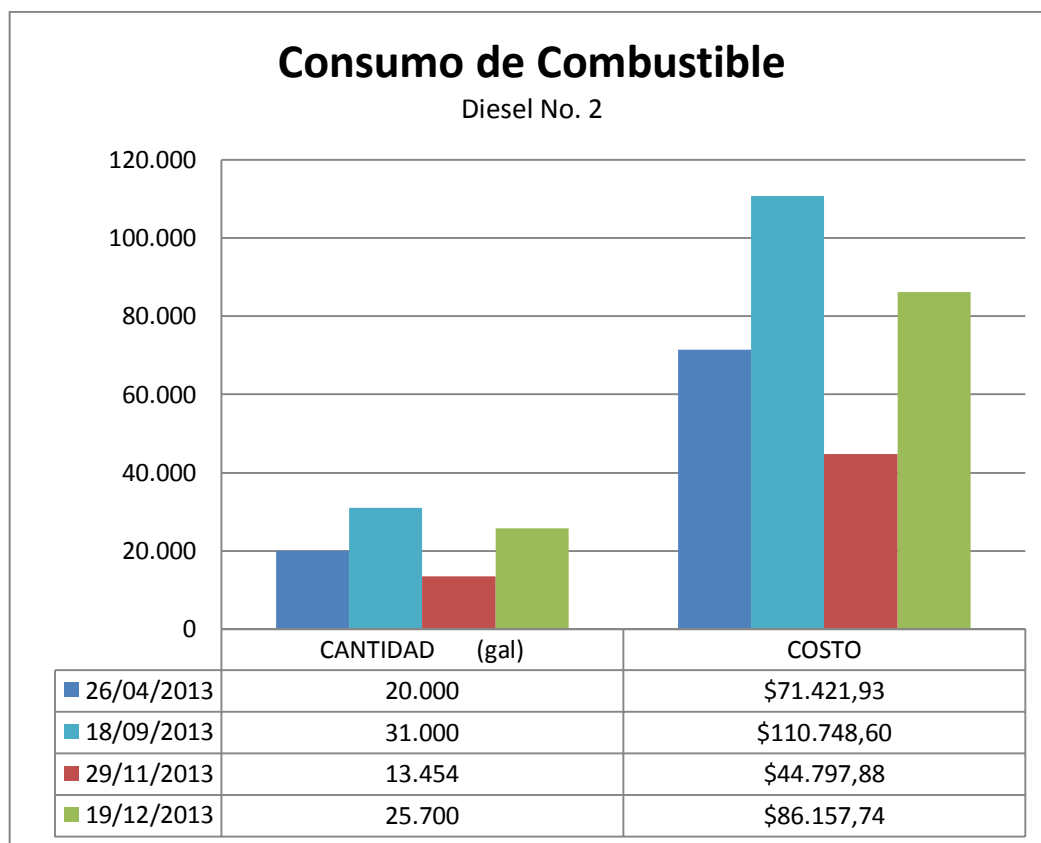


Ilustración 37: Histograma de consumo y precio del combustible en el Proyecto Río Santiago

Para los cálculos de egresos en nuestro estudio, se empleará el valor promedio anual de 3,47 \$/gal, monto ya incluido en la deducción del costo de operación por maquinaria.

$$\text{Costo Combustible} = \frac{\$ 313.126,15}{90.154,00 \text{ gal}} = 3,47 \frac{\$}{\text{gal}}$$

7.1.3 Egresos

7.1.3.1 Personal

El gasto invertido en sueldos del personal de trabajo se lo ha realizado únicamente durante el periodo de explotación del frente “El Porvenir”, tiempo que duró desde junio – agosto e inicios de septiembre 2013.

Calculando los gastos invertidos en el personal del Proyecto Río Santiago durante el periodo trabajado de 122 días, en jornada única diurna de 8 horas, resultó \$ **126.932,40.**

AÑO 2013										
PERSONAL	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	10mo cuarto	10mo tercero	Aporte Patronal	Sumatoria	Cantidad	Valor
Jefe de mina	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	625,00	97,33	1.115,00	11.837,33	1	11.837,33
Ing. de mina	2.190,00	2.190,00	2.190,00	2.190,00	547,50	97,33	976,74	10.381,57	1	10.381,57
Ing. de geología	2.190,00	2.190,00	2.190,00	2.190,00	547,50	97,33	976,74	10.381,57	2	20.763,15
Ing. de seguridad industrial	2.190,00	2.190,00	2.190,00	2.190,00	547,50	97,33	976,74	10.381,57	1	10.381,57
Ing. de medio ambiente	2.190,00	2.190,00	2.190,00	2.190,00	547,50	97,33	976,74	10.381,57	1	10.381,57
Ing. metalúrgico	2.190,00	2.190,00	2.190,00	2.190,00	547,50	97,33	976,74	10.381,57	1	10.381,57
Asistente contable	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	300,00	97,33	535,20	5.732,53	1	5.732,53
Operadores	672,00	672,00	672,00	672,00	168,00	97,33	299,71	3.253,05	6	19.518,27
Bodeguero	531,00	531,00	531,00	531,00	132,75	97,33	236,83	2.590,91	1	2.590,91
liquidador	400,00	400,00	400,00	400,00	100,00	97,33	178,40	1.975,73	1	1.975,73
Ayudantes de mina	350,00	350,00	350,00	350,00	87,50	97,33	156,10	1.740,93	5	8.704,67
Chofer	537,00	537,00	537,00	537,00	134,25	97,33	239,50	2.619,09	3	7.857,26
Eléctrico	796,00	796,00	796,00	796,00	199,00	97,33	355,02	3.835,35	1	3.835,35
Ayudante de mecánica	531,00	531,00	531,00	531,00	132,75	97,33	236,83	2.590,91	1	2.590,91
									TOTAL	126.932,40

Tabla 29: Cuadro de gastos en personal del Proyecto Río Santiago

La remuneración económica que el trabajador percibe por la actividad que realiza, se efectúa mensualmente, y los beneficios de ley están enmarcados dentro de las disposiciones legales que se estipulan en el Código del Trabajo.

7.1.3.2 Costos Unitarios

Finalmente los egresos efectuados por la mina se resumen en los costos unitarios para el funcionamiento del frente “El Porvenir” que realizaron durante el periodo de Junio- Septiembre 2013 con una jornada diurna de trabajo, mismos que se exponen en la siguiente tabla 29, incluyendo los valores calculados en los capítulos V y VI:

COSTOS UNITARIOS				
DESCRIPCIÓN EQUIPOS Y MAQUINARIA	COSTO HORARIO \$/h	TARIFA \$/h	CANTIDAD	VALOR \$/h
Excavadoras Komatsu Pc 200 Lc-8	54,95	-	3	164,84
Tractor Komatsu D65 EX	74,60	-	1	74,60
Planta de Lavado MPP 100	101,90	-	1	101,90
Generador	4,00	-	1	4,00
Vehículos	-	6,00	2	12,00
Bomba de Succión	3,00	-	1	3,00
Estación Total	4,50	-	1	4,50
TOTAL				364,84

Tabla 30: Cálculo de los costos unitarios

Como resultado de los Egresos durante el periodo de minado (122 días) se obtiene un costo de \$ **483.016,60** calculado para la jornada diurna de 8 horas, ver tabla 30.

$$\text{Costo unitario por periodo} = 364,84 \frac{\$}{h} * 8 \text{ horas} * 122 \text{ días}$$

$$\text{Costo unitario por periodo} = \$ 356.084,20$$

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo unitario por periodo	\$ 356.084,20
Costo personal de trabajo por periodo	\$ 126.932,40
EGRESOS	\$ 483.016,60

Tabla 31: Egresos realizados en el frente "El Porvenir"

Se establece entonces que el egreso mensual de la mina en el frente “El Porvenir”, corresponde al valor de \$ **118.774,57**.

7.1.4 Ingresos

La Empresa Nacional Minera ENAMI EP tiene el compromiso de vender la totalidad del oro obtenido de la explotación de todos los frentes al Banco Central del Ecuador, al precio del mercado que rija en la fecha de venta, en virtud de las normas y reglas establecidas en el Convenio de Cooperación Interinstitucional suscrito, con lo cual se logra tener un mejor control e inventario de la producción y se focaliza la comercialización del oro evitando la especulación y su desvío a mercados irregulares.

En el área asignada de aproximadamente 1 hectárea, en total se realizó 7 cortes de explotación, obteniéndose los datos presentes en la ficha de producción (Anexo No.20).

De esta producción se desprende diferentes niveles de beneficiarios: El Estado Ecuatoriano, a través del Banco Central del Ecuador, como receptor del oro producido; y el beneficio social que generará el proyecto en la zona, se estima que la población objetivo es un demandante de los resultados del proyecto, ya que la remediación ambiental producirá beneficios de importancia, a través del buen manejo y minimización de pasivos en la operación de extracción con lo cual se remediará parcialmente los pasivos generados y pre-existentes, logrando así el mejoramiento de las condiciones de vida, mediante la reconfiguración y reutilización de los suelos en agricultura, ganadería e incluso piscicultura.

Los ingresos obtenidos por parte de la venta de oro, se resume en la tabla 31 a continuación:

CÁLCULO DEL ORO FINO "BANCO CENTRAL DEL ECUADOR"							
FECHA DE COMERCIALIZACIÓN	PESO SECO (g)	PESO HUMEDO (g)	PUREZA (%)	ORO FINO (g)	VALOR DEL ORO A LA FECHA (\$/g)	VALOR DE VENTA (\$)	VALOR A PAGAR (\$)
29/08/2013	286,52	270,44	90,06	258,05	45,27	11.681,84	11.448,20
20/09/2013	967,96	923,15	87,30	845,07	43,38	36.659,07	35.925,89
06/11/2013	600,35	565,95	87,35	524,40	42,41	22.239,99	21.795,19
	1.854,83			1.627,52		INGRESOS	69.169,28

Tabla 32: Cálculo de los ingresos por producción del frente "El Porvenir"

Se obtuvo \$ **69.169,28** de ingresos durante el periodo de Junio – Agosto 2013, los egresos mensuales corresponden a \$**17.008,84**; según los resultados existen pérdidas que alcanza los \$ **413.847,32**.

7.2 Análisis Económico - Financiero

7.2.1 Inversión a la fecha y Planes de Inversión

Considerando la conceptualización de los proyectos de inversión como propuesta de acciones técnico-económicas para resolver una necesidad utilizando un conjunto de recursos disponibles tales como: recursos humanos, materiales y tecnológicos entre otros, se ha procedido a elaborar esta propuesta siguiendo la metodología MGA (Metodología General Ajustada) que es una sistemática utilizada por la empresa pública para investigar si la idea o el plan propuestos resultan viables, factibles y si se pueden realizar con ganancias potenciales.

La MGA tiene como objetivos primordiales aprovechar los recursos eficientemente para mejorar las condiciones empresariales y de la comunidad, pudiendo ser a corto, mediano o a largo plazo, que con el paso de los años de gestión (2 años) se puede confirmar como realizado en buena parte y que se refleja en la importante incorporación de los mineros informales a legalizarse y su apoyo a la gestión minera de la ENAMI EP. Un importante logro de esta campaña de reordenamiento de la gestión minera se refleja en la operación de la minería organizada en una secuencia rítmica de extracción – reconfiguración, alcanzando hasta la fecha el 72% de las áreas afectadas y que va en crecimiento.

Los recursos considerados en la viabilidad financiera del proyecto comprenden: inversión para trámites administrativos, permisos de operación, actividades técnicas, análisis y estudios.

El cálculo de la inversión total se realizó en base a los gastos y costos ocasionados por los trámites legales para la obtención de las concesiones mineras, así como todo lo relacionado a la administración del proyecto e insumos y los costos de maquinaria, equipos, personal de trabajo e infraestructura.

INVERSIONES PROYECTO RÍO SANTIAGO	
AÑO	MONTO
2012	\$ 5.713.763,72
2013	\$ 3.979.445,56
2014	\$ 4.256.207,30
TOTAL	\$ 13.949.416,58

Tabla 33 Inversiones anuales del Proyecto Río Santiago

La inversión acumulada considerada al año 2014, es de 13.949.416,58 USD, ver tabla 35.

7.2.2 Flujo de caja

El flujo de caja es un documento o informe financiero que muestra los flujos de ingresos y egresos de efectivo que ha tenido la empresa durante un periodo de tiempo determinado. Para las inversiones realizadas en el Proyecto Río Santiago se han considerado tres categorías:

- Gastos en Personal: alimentación, sueldos, décimo tercer sueldo, décimo cuarto sueldo, aporte al IESS.
- Bienes y Servicios: maquinaria y equipos, mantenimiento, pago de servidumbres, análisis de laboratorio, capacitaciones, servicios de consultoría, topografía, repuestos y accesorios, combustibles, materiales de construcción, insumos de oficina y aseo, medicinas y productos farmacéuticos, servicio de guardianía.
- Otros: pago de patentes de conservación, licenciamiento ambiental.

FLUJO DE CAJA RÍO SANTIAGO 2012 - 2016					
DATOS	RECURSOS FISCALES			OPERACIÓN DEL PROYECTO	
	2012	2013	2014	2015	2016
INVERSIONES	5.713.763,72	3.979.445,56	4.256.207,30		
INGRESOS + BENEFICIOS	2.053.371,46	9.387.924,41	9.248.730,26	10.679.897,63	10.581.012,13
INGRESOS	407.347,46	685.737,76	546.542,61	1.977.709,98	1.878.824,48
BENEFICIOS	1.646.024,00	8.702.186,65	8.702.187,65	8.702.187,65	8.702.187,65
BENEFICIOS SOCIALES	189.624,00	959.400,00	959.400,00	959.400,00	959.400,00
BENEFICIOS GENERALES AL ESTADO	1.456.400,00	4.742.786,65	4.742.787,65	4.742.787,65	4.742.787,65
BENEFICIOS AMBIENTALES		3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00
COSTOS Y GASTOS	926.200,00	2.778.000,00	3.472.500,00	3.472.500,00	3.472.500,00
FLUJO DE CAJA	\$1.127.171,46	\$6.609.924,41	\$5.776.230,26	\$7.207.397,63	\$7.108.512,13

Tabla 34: Flujo de Caja del Proyecto Río Santiago

Los ingresos se consideran como las cantidades que recibe la empresa por la venta de sus productos, en nuestro caso la comercialización del oro. Como costos y gastos, aprecia como un egreso o salida de dinero que la empresa debe pagar para un artículo o por un servicio, sin embargo la empresa recupera este valor al generar ingresos, por lo tanto no lo gasta sino que lo utiliza como parte de su inversión.

El beneficio económico o utilidad, es un término utilizado para designar la ganancia que se obtiene de un proceso o actividad económica.

Para el 2013 los valores de beneficios se componen de la suma de beneficios sociales, beneficios generales para el estado y beneficios ambientales.

Los valores enlistados en el 2012, responden a los mismos ítems considerados en el 2013 y a valores reportados en los reportes financieros de la gestión.

Los valores correspondientes a los beneficios y costos de las gestiones del 2014, 2015 y 2016 han sido proyectados tomando como punto de partida los calculados para el 2013. Los ingresos para el 2014 responden a una proyección ajustada tomando como referencia al 2013 en tanto que las proyecciones 2015 y 2016 se las hace tomando en consideración una operación asumida directamente por las asociaciones o mineros organizados del sector, esto es el 100% del ingreso obtenido por la producción.

7.2.2.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto, también conocido como valor presente neto económico, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. De igual manera, se considera como un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión, que proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado, es decir expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1 + TASA)^n} - I_i$$

Donde:

Ft – Flujo de caja en el periodo t

n – Número de años considerado

I_i – Desembolso inicial de inversión

TASA – Tipo de interés

$$VAN = \frac{\$1.127.171,46}{(1 + 0,12)} + \frac{\$6.609.924,41}{(1 + 0,12)^2} + \frac{\$5.776.230,26}{(1 + 0,12)^3} + \frac{\$7.207.397,63}{(1 + 0,12)^4} + \frac{\$7.108.512,13}{(1 + 0,12)^5} - \$13.949.416,58$$

$$VAN = \$ 5.051.776,56$$

Para su interpretación, nos guiaremos con la tabla 34:

VALOR	SIGNIFICADO	DECISIÓN A TOMAR
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Proyecto indiferente, no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida. La decisión debe basarse en otros criterios.

Tabla 35: Interpretación del Valor Actual Neto

7.2.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, el cual permite considerar una oportunidad para reinvertir en el proyecto.

La tasa interna retorno puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN, su fórmula es:

$$\sum_{t=1}^n \frac{UB_i}{(1 + TASA)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{I_i}{(1 + TASA)^n}$$

Donde:

UB_i – Utilidad bruta actualizada

I_i – Inversión actualizada

n – Número de años considerado

TASA - TIR

7.2.2.3 Razón Costo / Beneficio (B/C)

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto.

El costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana. Se supone que todos los hechos y actos pueden evaluarse bajo esta lógica, aquellos dónde los beneficios superan el costo son exitosos, caso contrario fracasan.

$$B/C = \frac{\$ 41.950.935,89}{\$ 14.121.700,00} = \$ 2,97$$

Para su interpretación, si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) y, en consecuencia, el proyecto generará riqueza a una comunidad. Si el resultado es igual a 1, los beneficios

igualan a los sacrificios sin generar riqueza alguna, por tal razón sería indiferente ejecutar o no el proyecto.

7.3 Resultados

7.3.1 Evaluación Económica

El análisis económico estudia la estructura y evolución de los resultados del Proyecto Río Santiago (ingresos y gastos), para lo cual se ha calculado los siguientes indicadores:

	Proyección a 2016	2014
VANE	\$ 5.051.776,56	- (\$ 3.562.215,62)
TIRE	23,32%	-1,34%
INGRESOS + BENEFICIOS	\$ 41.950.935,89	\$ 20.690.026,13
COSTOS Y GASTOS	\$ 14.121.700,00	\$ 7.176.700,00
B/C	2,97	2,88
TASA	12%	12%

Tabla 36: Indicadores de TIR, VAN y otros

Analizando el Flujo de Caja determinado para el Proyecto Río Santiago, y resultado de los cálculos del VAN y TIR calculados, se deduce:

- Se observa que trasladando a valor presente neto económico (VANE) del flujo de caja, es algo inferior a la inversión inicial, lo que indica que es un proyecto de connotación social y en esos términos debe ser considerada su sostenibilidad; pero a la fecha actual el VAN resulta menor a cero por lo que el proyecto debería rechazarse.
- La tasa interna de retorno económica (TIRE) correspondiente al valor de 23,32% es una tasa positiva lo que indica la rentabilidad del proyecto, en caso de que la proyección de los años 2015 y 2016 resulte con fondos de autogestión, es decir que el proyecto sea autosustentable, pero en el presente año 2014 el TIR es negativo lo que indica que el proyecto no es rentable porque el beneficio neto actualizado es menor que la inversión.
- La razón costo/beneficio (B/C) determina que por cada dólar invertido el beneficio es de US\$ 2,97 dólares, de lo que se concluye que el proyecto es

rentable a futuro y que el componente minero es uno de los factores a considerar como de alta prioridad. Sin embargo, hay que destacar que en este momento, el proyecto no es rentable económicamente por lo que se considera su plan de cierre.

CAPÍTULO VIII

8 OPTIMIZACIÓN

8.1 Método de Explotación Aluvial

Las labores de minado de gravas auríferas se componen por un conjunto de actividades a realizarse en un terreno para la ejecución de los trabajos de explotación a cielo abierto.

En el frente “El Porvenir” debido a la cercanía entre los cortes de explotación, escombreras y planta de lavado, no es necesario el transporte de grandes distancias material; el hecho de aumentar o reducir la cantidad de maquinaria de arranque, crearía dificultades retrasando los trabajos de minado, por lo que ha sido descartada esta posibilidad.

Sin embargo, se puede optimizar colocando a las excavadoras un cucharón de mayor capacidad al empleado durante el presente estudio, es decir, pasar de cucharón con un volumen igual a $0,80 \text{ m}^3$ a trabajar con un cucharón con un volumen de $1,05 \text{ m}^3$. Para demostrar el incremento de extracción de la grava aurífera se han calculado los valores de producción respectivamente, en interacción con la planta MPP 100.

8.1.1 Sistema empleado: volumen del cucharón $0,80 \text{ m}^3$

DATOS TÉCNICOS
Potencia del motor de la excavadora = 148 HP
Capacidad del cucharón = $0,80 \text{ m}^3$
Factor de llenado del cucharón $_{(A\&G)} = 95 \%$
Capacidad de la tolva de la planta de lavado = $2,50 \text{ m}^3$
Eficiencia del tiempo = 83 %
Disponibilidad de la excavadora = 80 %
Tiempo de carga de la tolva = 2150 min

a) **Carga útil del cucharón =**

*Capacidad del cucharón * Factor de llenado*

$$= 0,80 \text{ m}^3 * 95\%$$

$$= 0,76 \text{ m}^3$$

b) **Número de pases para cargar la tolva =** $\frac{\text{Capacidad de la Tolva}}{\text{Carga útil del cucharón}}$

$$= \frac{4 \text{ m}^3}{0,76 \text{ m}^3}$$

$$= 5,26 \approx 6 \text{ pases}$$

c) **Carga útil de la tolva =**

*carga útil del cucharón * número de pases para cargar la tolva*

$$= 0,76 \text{ m}^3 * 6 \text{ pases}$$

$$= 4,56 \text{ m}^3$$

d) **Tolvas cargadas por hora =** $\frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo de carga}}$

$$= \frac{60 \text{ min}}{2,40 \text{ min}}$$

$$= 25 \text{ tolvas cargadas por hora}$$

e) **Máxima producción del equipo de carga =**

*Tolvas cargadas por hora * Carga útil de la tolva*

$$= 25 \frac{\text{tolvas}}{\text{hora}} * 4,56 \text{ m}^3$$

$$= 114 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

f) **Producción real por hora con eficiencia del tiempo =**

*Máxima producción del equipo de carga * Eficiencia del tiempo*

$$= 114 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 83\%$$

$$= 94,62 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

g) **Producción real por hora con Disponibilidad =**

*Producción real por hora con eficiencia del tiempo * Disponibilidad*

$$= 94,62 \frac{m^3}{hora} * 90\%$$

$$= 75,70 \frac{m^3}{hora}$$

8.1.2 Sistema propuesto: volumen del cucharón 1,05 m³

DATOS TÉCNICOS
Potencia del motor de la excavadora = 148 HP
Capacidad del cucharón = 1,05 m ³
Factor de llenado del cucharón (A&G) = 95 %
Capacidad de la tolva de la planta de lavado = 2,50 m ³
Eficiencia del tiempo = 83 %
Disponibilidad de la excavadora = 80 %
Tiempo de carga de la tolva = 2,00 min

a) **Carga útil del cucharón =**

*Capacidad del cucharón * Factor de llenado*

$$= 1,05 m^3 * 95\%$$

$$= 0,998 m^3$$

b) **Número de pases para cargar la tolva =** $\frac{\text{Capacidad de la Tolva}}{\text{Carga útil del cucharón}}$

$$= \frac{4 m^3}{0,998 m^3}$$

$$= 4,01 \approx 4 \text{ pases}$$

c) **Carga útil de la tolva =**

*carga útil del cucharón * número de pases para cargar la tolva*

$$= 0,998 m^3 * 4 \text{ pases}$$

$$= 3,99 m^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{d) } \textbf{Tolvas cargadas por hora} &= \frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo de carga}} \\
 &= \frac{60 \text{ min}}{2,00 \text{ min}} \\
 &= 30 \text{ tolvas cargadas por hora}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e) } \textbf{Máxima produccion del equipo de carga} &= \\
 &\text{Tolvas cargadas por hora} * \text{Carga útil de la tolva} \\
 &= 30 \frac{\text{tolvas}}{\text{hora}} * 3,99 \text{ m}^3 \\
 &= 119,70 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f) } \textbf{Producción real por hora con eficiencia del tiempo} &= \\
 &\text{Máxima producción del equipo de carga} * \text{Eficiencia del tiempo} \\
 &= 119,70 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 83\% \\
 &= 99,35 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{g) } \textbf{Producción real por hora con Disponibilidad} &= \\
 &\text{Producción real por hora con eficiencia del tiempo} * \text{Disponibilidad} \\
 &= 99,35 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 90\% \\
 &= 79,48 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}
 \end{aligned}$$

El resultado final de elevar la capacidad del cucharón de las excavadoras, ha incrementado de manera significativa el volumen de arranque y extracción de la grava aurífera, como se demuestra en la siguiente tabla de producción comparativa:

	VOLUMEN DEL CUCHARÓN		
	0,80 m ³	1,05 m ³	
Producción horaria	75,7	79,48	m ³ /h
Producción diaria	605,6	635,85	m ³ /día
Producción mensual	18.168,00	19.075,39	m ³ /mes
Producción anual	218.016,00	228.904,70	m ³ /año

Tabla 37: Producción en función del volumen del cucharón

Para elevar la producción de la mina, se debe planificar el incremento a futuro de la misma, que debería alcanzar como objetivo de optimización del proyecto.

8.1.3 Modelo de Regresión Lineal

Al existir una relación entre una variable denominada dependiente y otras denominadas independientes, puede darse el problema de que la dependiente asuma múltiples valores para una combinación de valores de las independientes. La dependencia a la que hacemos referencia es relacional matemática y no necesariamente de causalidad.

Si se da ese tipo de relaciones, se suele recurrir a los estudios de regresión, en los cuales se obtiene una nueva relación pero de un tipo especial denominado función, en la cual la variable independiente se asocia con un indicador de tendencia central de la variable dependiente. Cabe recordar que en términos generales, una función es un tipo de relación en la cual para cada valor de la variable independiente le corresponde uno y sólo un valor de la variable dependiente.

$$Y = f(x)$$

La representación de la relación entre dos o más variables a través de un modelo formal supone contar con una expresión lógico-matemática que, aparte de resumir cómo es esa relación, va a permitir realizar predicciones de los valores que tomará una de las dos variables a partir de los valores de la otra.

El modelo de regresión lineal, es el más utilizado a la hora de predecir los valores de una variable cuantitativa a partir de los valores de otra variable explicativa también cuantitativa, para nuestro estudio se aplicará el modelo de regresión lineal simple.

- **Regresión Lineal Simple**

Se elabora un estudio de la relación funcional entre dos variables poblacionales, una variable X, llamada independiente, explicativa o de predicción; y una variable Y, llamada dependiente o variable respuesta; presenta la siguiente notación:

$$Y = a + bx$$

Donde,

a - valor de la ordenada, donde la línea de regresión se intercepta con el eje Y.

b - coeficiente de regresión (pendiente de la línea recta)

El presente método es uno de los más aplicados en minería, ya que con los datos periódicos de años posteriores se calcula los valores resultantes a futuro. Ante lo expuesto, éste método se empleará para el frente “El Porvenir” de manera mensual, basada en los datos obtenidos de producción durante el periodo Junio – Septiembre 2013.

MES	Xi No. MESES	Yi PRODUCCIÓN MENSUAL (m³)	Xi²	Xi * Yi
JUNIO	1	1.193,60	1	1.193,60
JULIO	2	2.858,40	4	5.716,80
AGOSTO	3	19.977,80	9	59.933,40
SEPTIEMBRE	4	10.919,80	16	43.679,20
Σ	10	34.949,60	30	110.523,00

Tabla 38: Producción mensual de la grava aurífera procesada

Además, es necesario calcular el promedio de Yi y Xi , donde n representa el número de meses:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{10}{4} = 2,50$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Yi}{n} = \frac{34.949,60}{4} = 8.737,40$$

Se calcula los valores de a y b , por medio de las siguientes fórmulas:

$$b = \frac{n * \sum(Xi * Yi) - (\sum Xi * \sum Yi)}{n * \sum(Xi^2) - (\sum Xi)^2}$$

$$b = \frac{(4 * 110.523,00) - (10 * 34.949,60)}{(4 * 30) - (10)^2}$$

$$b = 4.629,80$$

$$a = \bar{Y} - \bar{X} * b$$

$$a = 8.737,40 - (2,5 * 4.629,80)$$

$$a = -2.837,10$$

Reemplazando los coeficientes a y b , se obtiene la ecuación lineal:

$$Y = a + bx$$

$$Y = -2.837,10 + 4.629,80X$$

Finalmente, proyectando los valores de producción a futuro que se pronostica alcanzar, se obtiene que para el mes de marzo 2014 se debería procesar un volumen de grava aurífera correspondiente a 43.460,90 m³.

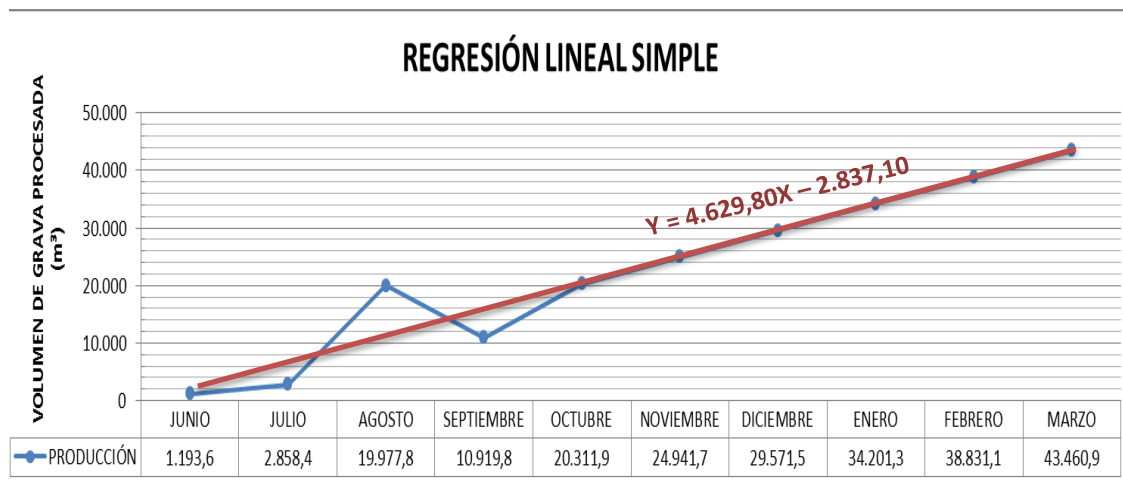


Ilustración 38: Regresión Lineal Simple en función del tiempo

8.2 Sistema de Lavado y Recuperación de oro

Para optimizar el sistema de lavado y recuperación de oro, en vista de que el único inconveniente de la planta de lavado MPP 100 está en su criba, porque las aberturas permiten el paso de material menor a ½” y en el caso de que se presente un efecto pepítico, es decir, una pepita de oro de tamaño mayor a ½” ésta se perdería en las colas.

Para solucionar este inconveniente se propone las siguientes dos opciones:

- a) Cambiar en la Planta de Lavado MPP 100 la criba de caucho que tenga con un mallado con aberturas de 1"x1", esta sería la opción más rápida y económica.
- b) Emplear la planta ALASKA 100 acoplándola previamente a la planta MPP 100 por medio de un tornillo sin fin, la ALASKA 100 posee un canalón como trampa de gruesos que retendría el oro mayor a ½" antes de ingresar a la MPP 100.

El empleo de la Planta de Lavado ALASKA 100 como clasificador del material aluvial y recuperador del oro libre grueso, que será acoplada a la Planta MPP 100, logrando de ésta manera que se incremente el recorrido de lavado del material, además de permitir que ingrese a la MPP 100 únicamente pulpa con tamaño de cantos rodados menor a 1,5" que serán fácilmente procesados por los centrifugadores horizontales o Low-G.



Ilustración 39: Esquema del sistema conjunto Alaska y MPP 100

Para demostrar la eficiencia del sistema combinado ALASKA – MPP100, se ha calcula a continuación, la producción del sistema planteado con aquel aplicado en el frente de trabajo “El Porvenir” (sólo MPP 100) como se estableció en el literal 8.1.1.

8.2.1.1 Sistema conjunto: ALASKA 100 – MPP 100

DATOS TÉCNICOS
Potencia del motor de la excavadora = 148 HP
Capacidad del cucharón = 0,80 m ³
Factor de llenado del cucharón _(A&G) = 95 %
Capacidad de la tolva de la planta de lavado = 4 m ³
Eficiencia del tiempo = 83 %
Disponibilidad de la excavadora = 80 %
Tiempo de carga de la tolva = 2,40 min

a) ***Carga útil del cucharón =***

*Capacidad del cucharón * Factor de llenado*

$$= 0,80 \text{ m}^3 * 95\%$$

$$= 0,76 \text{ m}^3$$

b) ***Número de pases para cargar la tolva =*** $\frac{\text{Capacidad de la Tolva}}{\text{Carga útil del cucharón}}$

$$= \frac{2,50 \text{ m}^3}{0,76 \text{ m}^3}$$

$$= 3,29 \approx 4 \text{ pases}$$

c) ***Carga útil de la tolva =***

*carga útil del cucharón * número de pases para cargar la tolva*

$$= 0,76 \text{ m}^3 * 4 \text{ pases}$$

$$= 3,04 \text{ m}^3$$

d) ***Tolvas cargadas por hora =*** $\frac{60 \text{ min}}{\text{Tiempo de carga}}$

$$= \frac{60 \text{ min}}{1,50 \text{ min}}$$

$$= 40 \text{ tolvas cargadas por hora}$$

e) ***Máxima producción del equipo de carga =***

*Tolvas cargadas por hora * Carga útil de la tolva*

$$= 40 \frac{\text{tolvas}}{\text{hora}} * 3,04 \text{ m}^3$$

$$= 121,60 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

f) **Producción real por hora con eficiencia del tiempo** =
*Máxima producción del equipo de carga * Eficiencia del tiempo*

$$= 121,60 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 83\%$$

$$= 100,93 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

g) **Producción real por hora con Disponibilidad** =
*Producción real por hora con eficiencia del tiempo * Disponibilidad*

$$= 100,93 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 90\%$$

$$= 80,74 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

8.2.1.2 Costos operativos

8.2.1.2.1 ALASKA 100

DATOS	UNIDAD	VALOR
Precio de entrega (P)	\$	251300
Precio de reventa (S)	\$	91000
Porcentaje al final de la depreciación	%	0,20
Vida útil (catálogo)	horas	10000
Tiempo de operación por año	horas	2500
Periodo de utilización (N)	año	2
Periodo de Amortización	años	5
Tasa de interés anual	%	14
Tasa de seguros por año	%	2
Disponibilidad	%	75
Contrato de mantenimiento preventivo	\$	1000 a las 1500 horas
Reparaciones	\$	2100 en 1 años
H/L	\$	750 y dura 1000 horas
Potencia al volante (catálogo)	HP	120
Precio combustible	\$/gal	3,47

COSTOS DE POSESIÓN

$$a) \text{ Costo por hora de depreciación} = \frac{\text{Precio de entrega} - \text{Precio de reventa}}{\text{Total horas de operación} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\$251.300 - \$91.000}{5.000 \text{ horas} * 75\%}$$

$$= 42,75 \frac{\$}{\text{hora}}$$

$$b) \text{ Costo por hora de interés} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de interés simple}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$251.300(2+1)}{2(2)} * 0,14}{2.500 * 0,75}$$

$$= 14,07 \frac{\$}{h}$$

$$c) \text{ Costo por hora de seguros} = \frac{\frac{P(N+1)}{2N} * \% \text{ de tasa de seguro}}{\text{Horas por año} * \text{Disponibilidad}}$$

$$= \frac{\frac{\$251.300(2+1)}{2(2)} * 0,02}{2.500 * 0,75}$$

$$= 2,01 \frac{\$}{h}$$

d) Costo de Posesión

$$\text{Depreciación} \quad 42,75 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Intereses} \quad 14,07 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Seguros} \quad 2,01 \frac{\$}{h}$$

$$\text{Costo de Posesión TOTAL} = 58,83 \frac{\$}{h}$$

COSTOS DE OPERACIÓN

e) Costo por hora de combustible =

*Consumo por hora * Precio del combustible*

$$= (0,04 * 120 \text{ HP}) * 3,47 \frac{\$}{\text{gal}}$$

$$= 16,66 \frac{\$}{gal}$$

f) *Costo por hora de lubricantes, filtros y grasas (mantenimiento) =*

$$\frac{\text{Costo mantenimiento preventivo}}{\text{Tiempo en horas para realizar mantenimiento preventivo}}$$

$$= \frac{\$ 1.000}{1.500 h}$$

$$= 0,67 \frac{\$}{h}$$

g) *Costo horario en reservas para reparaciones =* $\frac{\text{Costo de reparación}}{\text{Horas de uso}}$

$$= \frac{\$2.100}{2.500 h}$$

$$= 0,84 \frac{\$}{h}$$

h) *Costo horario de elementos de desgaste especial =* $\frac{\text{Costo de reemplazo}}{\text{Duración estimada}}$

$$= \frac{\$750}{1.000 h}$$

$$= 0,75 \frac{\$}{h}$$

i) **Costo de Operación**

Combustible 16,66 $\frac{\$}{h}$

Lubricantes, filtros, grasas 0,67 $\frac{\$}{h}$

Reservas para reparaciones 0,84 $\frac{\$}{h}$

Elementos de desgaste especial 0,75 $\frac{\$}{h}$

Costo de Operación TOTAL = 18,91 $\frac{\$}{h}$

Finalmente,

Costos de Posesión 58,83 $\frac{\$}{h}$

Costos de Operación 18,91 $\frac{\$}{h}$

COSTO HORARIO TOTAL = 77,74 $\frac{\\$}{h}$

8.2.1.3 Interpretación de Resultados

En consecuencia de añadir la planta ALASKA 100 únicamente como clasificador por tamaño de la grava y como recolector con una trampa de gruesos, equipo que se ha integrado al sistema de lavado con la MPP 100, instalado en el frente de “El Porvenir”, se elevó la producción real por hora en un 6,7%, lo cual representa un incremento de procesamiento de material igual a 40,37 m³/h, pasando de procesar 75,70 m³/h con la Planta de Lavado MPP 100, a producir 80,74 m³/h con el sistema integrado: Alaska – MPP 100.

Como resultado, finalmente se obtendría la siguiente producción en volumen de grava aurífera extraída en la mina, como se observa en la tabla 40:

	MPP 100	ALASKA - MPP100	
Producción horaria	75,70	80,74	m ³ /h
Producción diaria	605,60	645,94	m ³ /día
Producción mensual	18.168,00	19.378,18	m ³ /mes
Producción anual	218.016,00	232.538,11	m ³ /año

Tabla 39: Producción real del sistema de lavado propuesto

El parámetro de producción de oro es uno de los más sensibles del proyecto, debido a que todas las actividades mineras están orientadas a incrementar dicha producción.

Aplicando el sistema propuesto, para estimar la producción de oro, se relaciona factores como la cantidad de grava extraída, la ley media ponderada que fue establecida en el capítulo III y el factor de recuperación calculado en el capítulo VI, se obtendría un incremento en los ingresos por venta de oro, mediante la fórmula:

$$Producción = V * Lmp * R$$

Donde,

V – Volumen de producción de grava extraída

Lmp – Ley media ponderada

R – Factor de recuperación

$$\text{Producción Diaria} = 645,94 \frac{m^3}{\text{día}} * 0,098 \frac{g \text{ Au}}{m^3} * 0,9786 = 61,95 \frac{g \text{ Au}}{\text{día}}$$

$$\text{Producción Mensual} = 19.378,18 \frac{m^3}{\text{mes}} * 0,098 \frac{g \text{ Au}}{m^3} * 0,9786 = 1.858,42 \frac{g \text{ Au}}{\text{mes}}$$

$$\text{Producción Anual} = 232.538,11 \frac{m^3}{\text{año}} * 0,098 \frac{g \text{ Au}}{m^3} * 0,9786 = 22.301,06 \frac{g \text{ Au}}{\text{año}}$$

Como consecuencia finalmente, se obtiene como ingresos del incremento en la producción de oro libre, ver tabla 41, los valores a los que influye el porcentaje de reducción por fundición del oro libre igual al 4,08% y la pureza promedio del oro correspondiente al 88,24%, datos calculados en el capítulo VI.

	UNIDAD	AU LIBRE (g)	AU FUNDIDO (g)	ORO FINO (g)	PRECIO DEL ORO ¹³ (\$/g)	INGRESOS
Producción diaria de oro	g/día	61,95	59,42	52,43	46,93	\$ 2.907,19
Producción mensual de oro	g/mes	1.858,42	1.782,60	1.572,96	46,93	\$ 87.215,71
Producción anual de oro	g/año	22.301,06	21.391,17	18.875,57	46,93	\$ 1.046.588,56

Tabla 40: Ingresos por venta de oro

El costo horario de usar la planta de lavado ALASKA 100 equivale a $77,74 \frac{\$}{h}$, costo que se incrementa al costo unitario de operación del frente “El Porvenir” que corresponde a $364,84 \frac{\$}{h}$ calculado en el capítulo VII. Por lo tanto emplear el sistema conjunto ALASKA – MPP 100, resulta en un costo horario total de **$442,58 \frac{\$}{h}$** lo que representa:

$$\text{Costo unitario por periodo} = 442,58 \frac{\$}{h} * 8 \text{ horas} * 122 \text{ días}$$

$$\text{Costo unitario por periodo} = \$ 431.958,08$$

¹³ Precio referencial tomado del capítulo VII, Precio del Oro, 1.459,79 \$/oz troy

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo unitario por periodo	\$ 431.958,08
Costo personal de trabajo por periodo	\$ 126.932,40
EGRESOS	\$ 558.890,48

Tabla 41: Egresos con el sistema ALASKA - MPP 100

Se establece entonces que el egreso mensual de la mina en el frente “El Porvenir”, con el sistema ALASKA – MPP 100, corresponde al valor de **\$ 137.432,08** mientras que los ingresos mensuales equivalen a **\$ 87.215,71** (calculado en la tabla 40).

Finalmente, se puede indicar que el hecho de emplear el sistema conjunto ALASKA – MPP 100 para el proceso de lavado y tratamiento de la grava aurífera, incrementa en un 6,7% la producción real por hora, sin embargo el incremento en costos de operatividad no justifica su aplicación debido que los egresos continúan superando a los ingresos. Por lo que a continuación, se establecerá los valores de situaciones críticas.

8.2.1.4 Ley Crítica

Partiendo de la experiencia de que la geología de placeres es variable y en ciertos casos impredecible debido a su naturaleza poligenética, se deduce que la ley de oro a lo largo y ancho del yacimiento no es constante, y en ciertos bloques de explotación las leyes de oro están por debajo de la media ponderada, resulta esencial calcular un indicador que permita advertir esta situación y así tomar decisiones.

La expresión para el cálculo de la ley crítica, se establece como:

$$EGRESOS = INGRESOS$$

$$EGRESOS = Lc * Pm * C * R$$

Donde,

Lc – Ley crítica

Pm – Producción mensual en volumen de grava

C – Cotización de un gramo de oro

R – Factor de Recuperación

$$EGRESOS = Lc * Pm * C * R$$

$$\$ 118.774,57 = Lc * 19.378,18 \frac{m^3}{mes} * 46,93 \frac{\$}{g Au} * 0,9786$$

$$Lc = 0,133 \frac{g Au}{m^3}$$

Se deduce entonces, que para generar rentabilidad del proyecto, es decir, teniendo como objetivo primordial evitar pérdidas y obtener una ganancia, se debe procurar que la producción sobrepase el valor de la ley crítica de **0,13 g Au/m³**.

8.2.2 Diagrama de Flujo del Sistema de Lavado ALASKA – MPP 100

DIAGRAMA DE FLUJO – LAVADO DE LA GRAVA AURÍFERA

PLANTAS DE LAVADO: ALASKA 100 & MPP 100

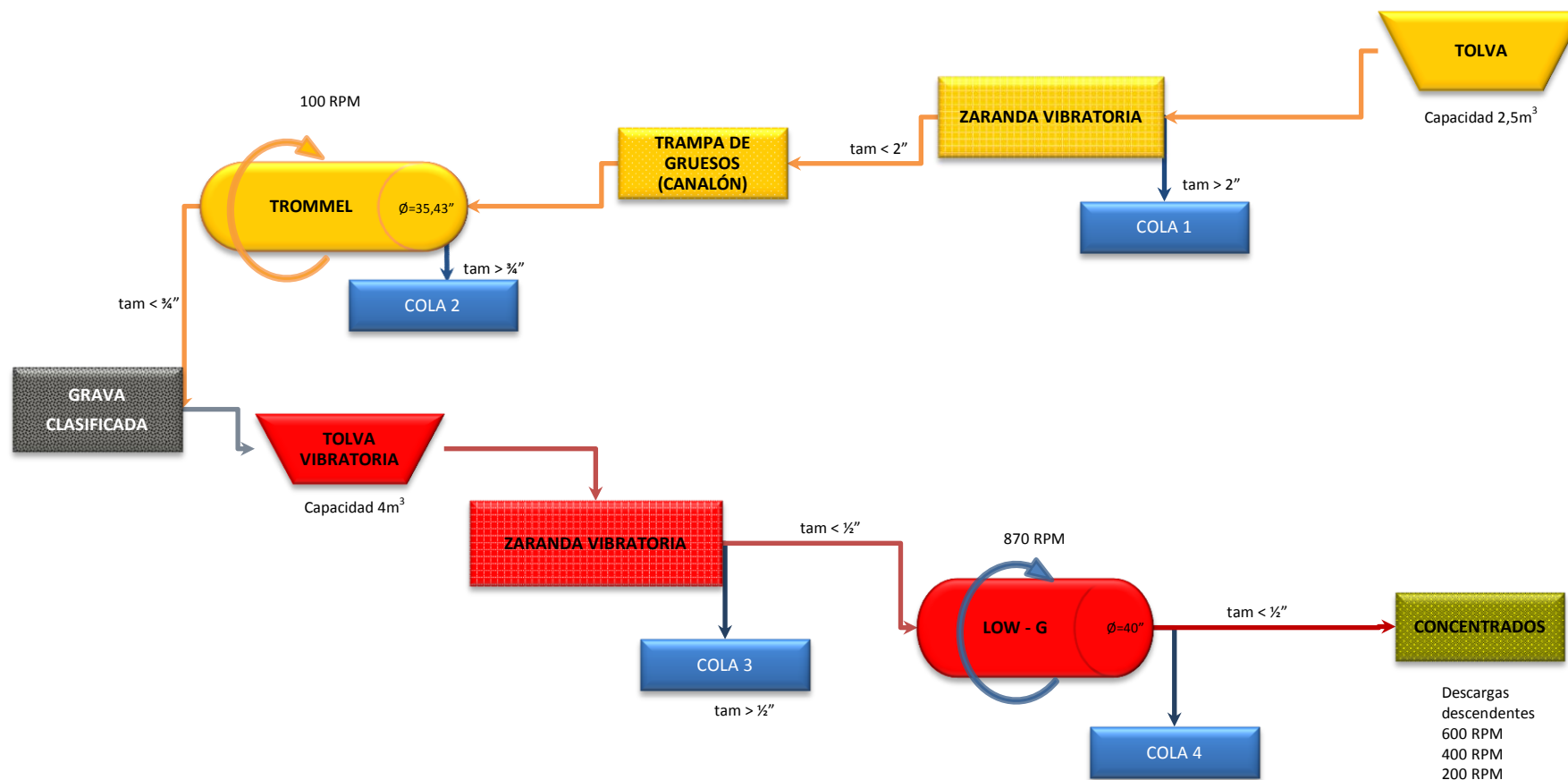


Ilustración 40: Diagrama de Flujo del sistema optimizado de lavado y clasificación de la grava aurífera

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- El frente de trabajo denominado “El Porvenir”, está localizado en la concesión minera “Río Santiago”, ubicada en la provincia de Esmeraldas, cantón Eloy Alfaro, parroquia Selva Alegre, sector El Porvenir, adjudicada a la Empresa Nacional Minera, ENAMI.
- El depósito aluvial, materia del presente estudio minero, corresponde a uno de los placeres auríferos del río Santiago, constituido por terrazas cuaternarias de grava de aproximadamente 5.0 m. de potencia, distribuidas de manera semi-regular, cubiertas por una capa de suelo vegetal de 0.20 m y una sobrecarga de arcilla que varía entre 1.0 y 2.0 m de espesor.
- Las reservas probadas de grava aurífera del frente “El Porvenir” totalizan 54.963,34 m³, con una ley media ponderada de 0.098 g Au/m³, volumen y contenido que provienen de un sistema de calicatas (pozos), información procesada por el método del inverso cuadrado de la distancia entre ellas.
- Las pruebas de producción (explotación) se realizaron con retroexcavadoras de 0.80 m³ de capacidad, con las que cada hora se extrajeron 75,70 m³ de grava, en tanto que para las pruebas de procesamiento (lavado de grava) se utilizaron, manera independiente, las plantas Alaska y MPP100, equipadas con sus propios y particulares sistemas de clasificación y concentración gravimétrica.

- La operación piloto del Proyecto Río Santiago, desarrollado por la Empresa Nacional Minera, ENAMI, se cumplió en el frente “El Porvenir”, en donde se explotaron siete (7) cortes (frangas) con un total de 31.837,97 m³ de grava, volumen que al ser procesado produjo 1.933,65 gramos de oro (ley media = 0.061 g Au/m³), con una pureza de 88,24 %, equivalente a 21.18 kilates, metal que al ser vendido, al precio actualizado a la fecha de su comercialización, generó un ingreso total de US \$ 69.129,28.
- La planta Alaska posee un sistema de clasificación y concentración de oro grueso, mecanismo ausente en la planta MPP100, falencia que no le permite recuperar las partículas de dimensiones mayores a ½”, haciéndola susceptible del “efecto pepita” debido a la existencia de una criba con esa abertura (½”).
- El estudio económico-financiero del Proyecto Río Santiago, desarrollado por la Empresa Nacional Minera en el frente “El Porvenir”, demostró que con una producción de grava de 70.75 m³/hora con ley media de oro de 0.098 g/m³, los ingresos mensuales que totalizan USD \$ 17.008,84, no cubren los costos mensuales de operación que ascienden a USD \$ 118.774,57.
- En vista de los resultados alcanzados, la Empresa Nacional Minera, ENAMI, se vio obligada a abandonar las operaciones minero-metalúrgicas que venía desarrollando en el frente “El Porvenir” del Proyecto Río Santiago, ya que la inexistencia de utilidades generaba pérdidas, las que no permitían su viabilidad económico-financiera.

9.2 Recomendaciones

- Desarrollar trabajos técnicos de exploración avanzada en los distintos sectores del área minera Río Santiago, para obtener mayor información respecto de las reservas de este depósito aluvial y, en base de ellas, diseñar un proyecto minero-productivo rentable.

- Si la evaluación del depósito aluvial Río Santiago genera suficientes reservas probadas, rediseñar el proyecto minero-metalúrgico a desarrollarse de manera que éste conlleve mayor producción, mediante el aumento de la capacidad extractiva de los cucharones de las excavadoras (cambiar las de 0.80 m³ por otras de 1.05 m³); mejor la recuperación aurífera, acoplando en serie las plantas Alaska y MPP100 para que complementen su eficiencia y capten también el oro grueso; y, menores costos, a través de una adecuada organización técnico-operativa de las labores de explotación y procesamiento de la grava aurífera.
- Cumplir el Plan de Manejo Ambiental, en lo que concierne al cierre de la mina, abierta en el frente “El Porvenir”, ya que ello conlleva la recuperación de las áreas intervenidas (afectadas), mediante reforestación con especies nativas, rehabilitación agrícola del suelo removido, remediación ambiental de los impactos negativos de mediana y larga duración y organización y capacitación minera a los pobladores de los sectores adyacentes.

CAPÍTULO X

10 BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

10.1 Bibliografía

1. SOSA, H (1986). *Fundamentos Tecnológicos en la Explotación de Placeres*. Editorial Universitaria. Quito, Ecuador.
2. ANNELS, E. (1990), *Evaluación de Depósitos Minerales*. Ariel, Barcelona.
3. AGUIRRE, L. (1988), *Aspectos Fundamentales de la Metalurgia de los Metales Preciosos*. UCE. SIGMYP. Quito.
4. *Estudio de Impacto Ambiental Expost y Plan de Manejo Ambiental para la fase de Beneficio de Minerales Metálicos del Proyecto Minero Río Santiago*. ENAMI E.P. Quito.
5. BÁEZ, N. (2006). *Plan Piloto de Explotación de Oro Aluvial*. Quito.
6. BATEMAN, A. (1980). *Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico*. Omega, Barcelona.
7. MACDONALD, E. (1983). *Alluvial Mining*. Chapman and Hall, London–New York.
8. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (2003). *Glosario Minero*. Bogotá. Colombia.
9. MORENO, A. (2000). *Métodos de Investigación y Exposición*. Quito.
10. PAZMIÑO, V. (2004). *Proyecto de Prefactibilidad de Explotación y Beneficio del Mineral Aluvial de “Playa Rica”*. Universidad Central del Ecuador. Quito.

11. VAQUERO, C. (1977). *Prospección y Estudio Mineralométrico de Yacimientos Detríticos*. Enadimsa, España.
12. VÁSQUEZ, L. (2010). **Diseño De Extracción de Grava Aurífera en la concesión minera La Vicentina 2 ubicada en el Distrito Aurífero Zamora Chinchipe – Upano**. Universidad Central del Ecuador. Quito.

10.2 Webgrafía

1. <http://www.enamiep.gob.ec/index.php/proyectos/proyectos-nacionales> (Fecha de consulta: 09-03-2013)
2. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3386/1/5909.pdf> (Fecha de consulta: 28-02-2013)
3. <http://es.scribd.com/doc/3933763/Apuntes-METODOS-DE-EXPLORACION> (Fecha de consulta: 04-03-2013)
4. <http://www.curlymike.com.au/pdf/paper4.pdf> (Fecha de consulta: 06-03-2013)
5. <http://www.kitco.com> (Fecha de consulta: 05-02-2014)
6. <http://www.unasam.edu.pe/facultades/minas/pdfs/trabajo.pdf> (Fecha de consulta: 10-03-2013)
7. http://www.elciudadano.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=24832:estado-se-asociara-con-mineros-artesanales-de-esmeraldas&catid=40:actualidad&Itemid=63 (Fecha de consulta: 10-05-2013)

10.3 Anexos

- 1 Mapa de ubicación de la Concesión Río Santiago.
- 2 Mapa de ubicación del Campamento Selva Alegre.
- 3 Mapa de ubicación de calicatas durante la fase de Exploración Avanzada.
- 4 Resultado de análisis de laboratorio – Difracción de Rayos X
- 5 Resultado de análisis de laboratorio – Ensayo al Fuego
- 6 Mapa de Trincheras en los bloques explotados del frente “El Porvenir”
- 7 Mapa de Geología Regional.
- 8 Columna Estratigráfica del Noroccidente de Esmeraldas
- 9 Mapa de Geología Local.
- 10 Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”.
 - 10.1 Corte 1, vista N-NO
 - 10.2 Corte 1, vista NE
 - 10.3 Corte 1, vista SO
 - 10.4 Corte 2, vista O-NE
 - 10.5 Corte 2, vista S-SO
 - 10.6 Corte 3, vista SO-NO
 - 10.7 Corte 4, vista SE-SO
 - 10.8 Corte 5, vista SE-NO
 - 10.9 Corte 6, vista E-NE-NO
 - 10.10 Corte 7, vista N-NE-NO
- 11 Proceso de Exploración Avanzada.
- 12 Mapa de ubicación de los bloques explotados en el “El Porvenir”
- 13 Ficha técnica de la Planta de Lavado MPP 100.
- 14 Ficha técnica de la Planta ALASKA 100
- 15 Ficha técnica de la Excavadora Komatsu, modelo Pc 200 Lc8
- 16 Ficha técnica del Tractor Komatsu, modelo D65-EX
- 17 Inventario de materiales y reactivos del Laboratorio de Oro
- 18 Ficha técnica del Concentrador Espiral Helicoidal
- 19 Valores del precio mensual del oro, durante el periodo de enero 2010 a febrero 2014.
- 20 Ficha de producción del frente de explotación “El Porvenir”

GLOSARIO TÉCNICO

Aluvial.- Depósitos de minerales sueltos, gravas, guijarros, arenas, arcillas, dejadas por un curso de aguas.

Bedrock.- Lecho de roca, sobre la cual descansan las terrazas de grava.

Canto rodado.- Es un fragmento de roca suelto, susceptible de ser transportado por medios naturales, como las corrientes de agua, corrimientos de tierra. Generalmente de morfología redondeada, sub-redondeada u alargada, sin aristas y con superficie lisa, debido al desgaste sufrido por los procesos erosivos durante el transporte.

Clasto.- Trozo de roca sedimentaria formada por la rotura de una masa mayor.

Concentración.- Proceso por el cual el mineral se separa en concentrados de metal y material de desecho a través de procesos extractivos metalúrgicos.

Concentrado.- Producto originado en la planta procesadora de los metales y se expresa en un tanto por ciento de los elementos útiles luego del proceso.

Depósito.- Fracción de la corteza terrestre, donde por procesos geológicos se acumulan sustancias minerales que pueden ser explotados con beneficio económico.

Desbroce.- Proceso de remoción de los materiales rocosos y vegetales sobre yacientes al depósito mineral para exponer el mineral.

Escoria.- Masa vítrea separada de los metales fusionados en el proceso de fundición.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA).- Informe escrito, compilado antes de la decisión de producción, que revisa los efectos que las actividades mineras propuestas tendrán en los alrededores naturales.

Falso Bedrock.- Formación dura o relativamente compacta dentro de un depósito de placeres, a alguna distancia por encima del verdadero lecho de roca, sobre el cual se encuentran concentraciones auríferas.

Finisher.- Concentrador aurífero espiral helicoidal.

Hopper.- Tolda de recepción, componente de la planta de lavado MPP100

Low – G.- Centrifugador Horizontal como recuperador de oro.

Placer Aluvial.- Es una acumulación de los minerales valiosos formados por la deposición de fases mineral densas en un sitio de trampa.

Muestra.- Pequeña porción representativa de roca o de un depósito mineral que se toma para poder determinar por ensayo el contenido de metales.

Muestreo.- Acción de muestrear. Se recopila ejemplares de un depósito mineral con la intención de inferir sus características.

Onza Troy.- Unidad universal de medida de masa para los metales preciosos que equivale a 31,1035 gramos.

Recuperación.- Representa el porcentaje de metal valioso en el mineral que se recupera por medio de un tratamiento minero-metalúrgico

Trampa de Nuggets.- Canalón como trampa de oro grueso.

Tenor.- Porcentaje neto de mineral económicamente recuperable.

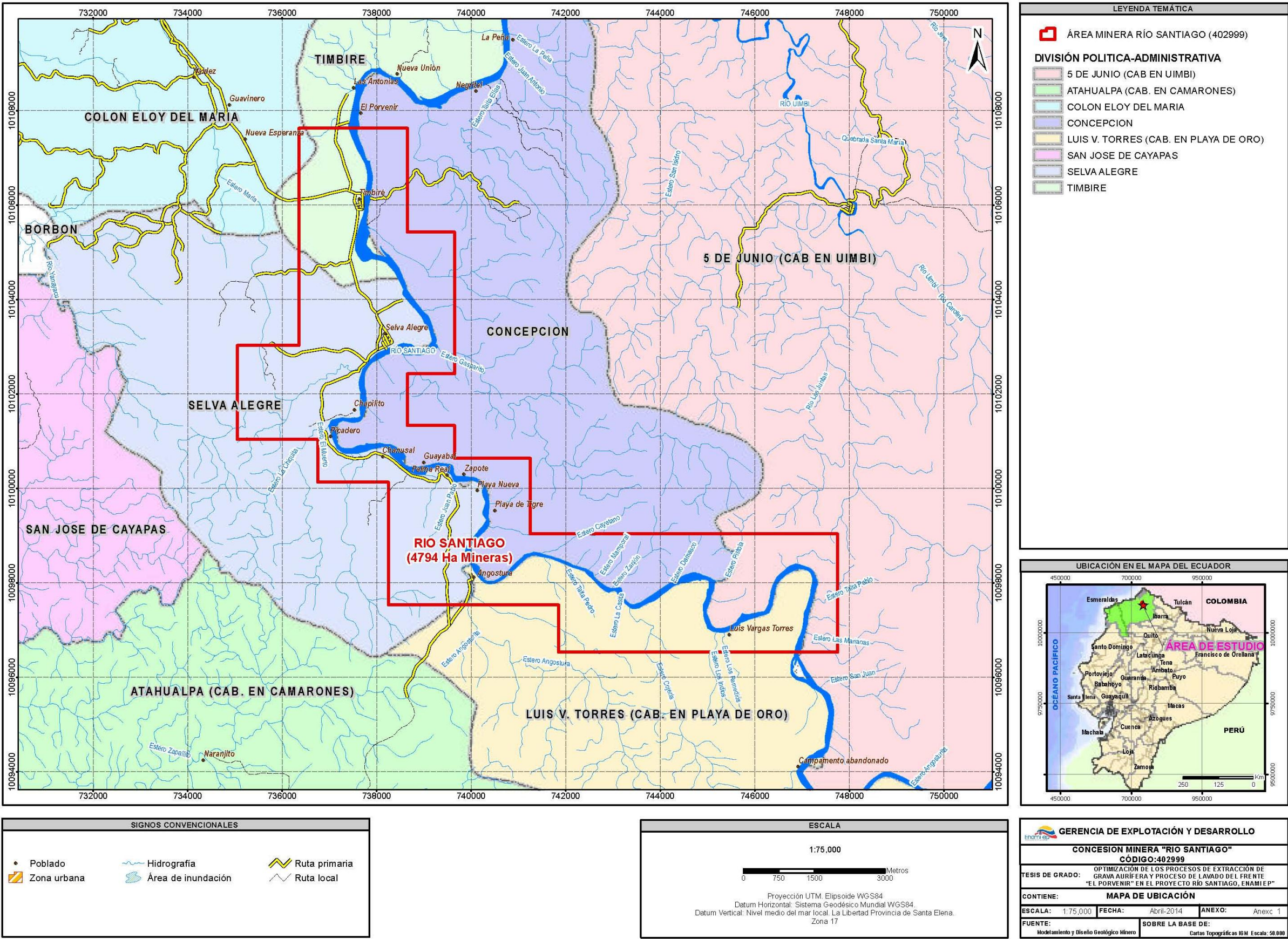
Tenor de cabeza.- Ley promedio de la mena alimentada a la tolva de recepción. Se refiere al dato de tenor del material que entra a la planta de beneficio, y se calcula tanto para el producto como para los co-productos y subproductos

Tenor de colas.- Tenor, ley o concentración de mineral en las colas que se desechan al final de todo el proceso mineralúrgico.

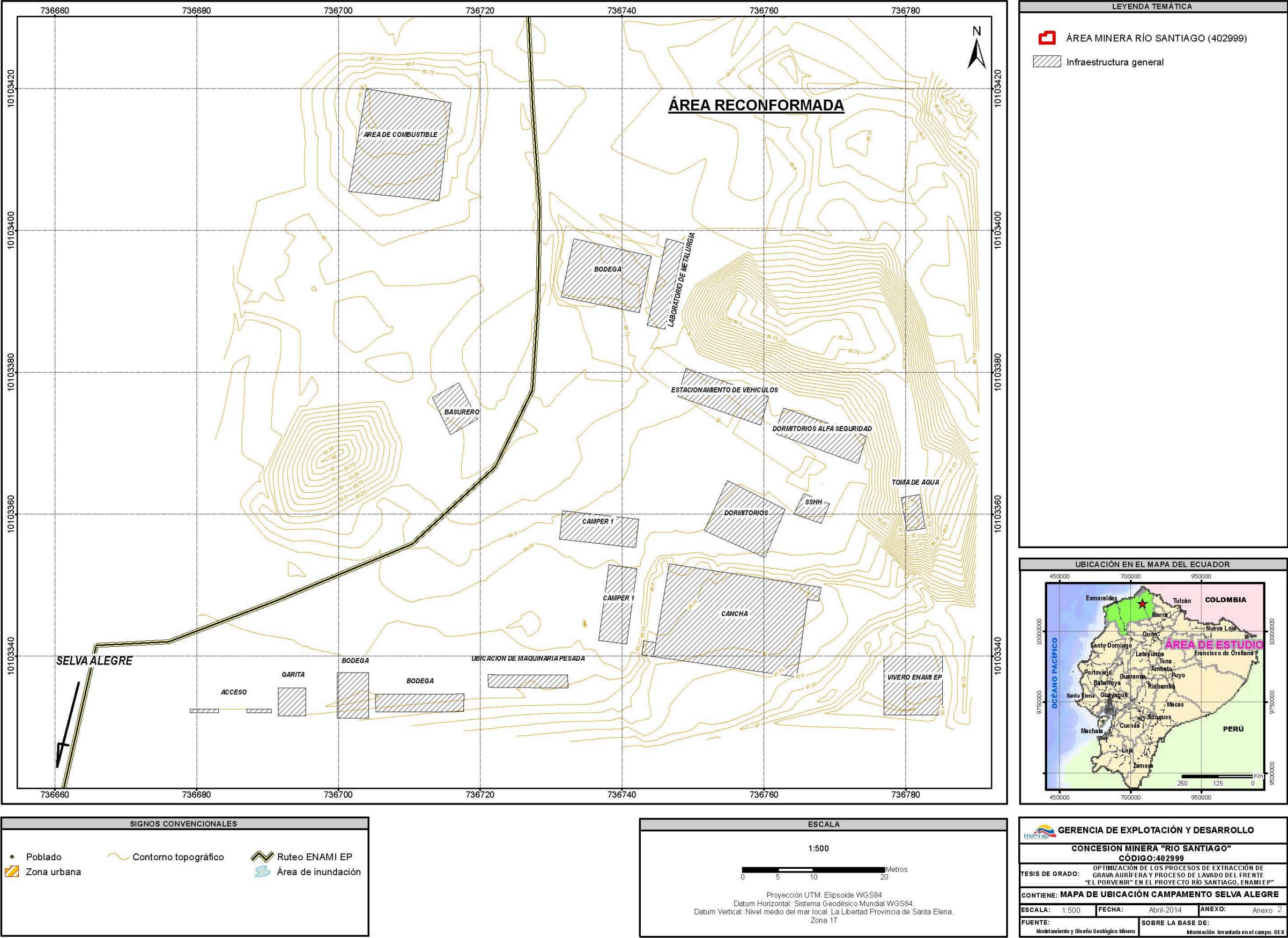
Screen Deck.- Criba vibratoria de la planta de lavado MPP 100.

Water Pump.- Bomba de Agua de la planta de lavado MPP 100.

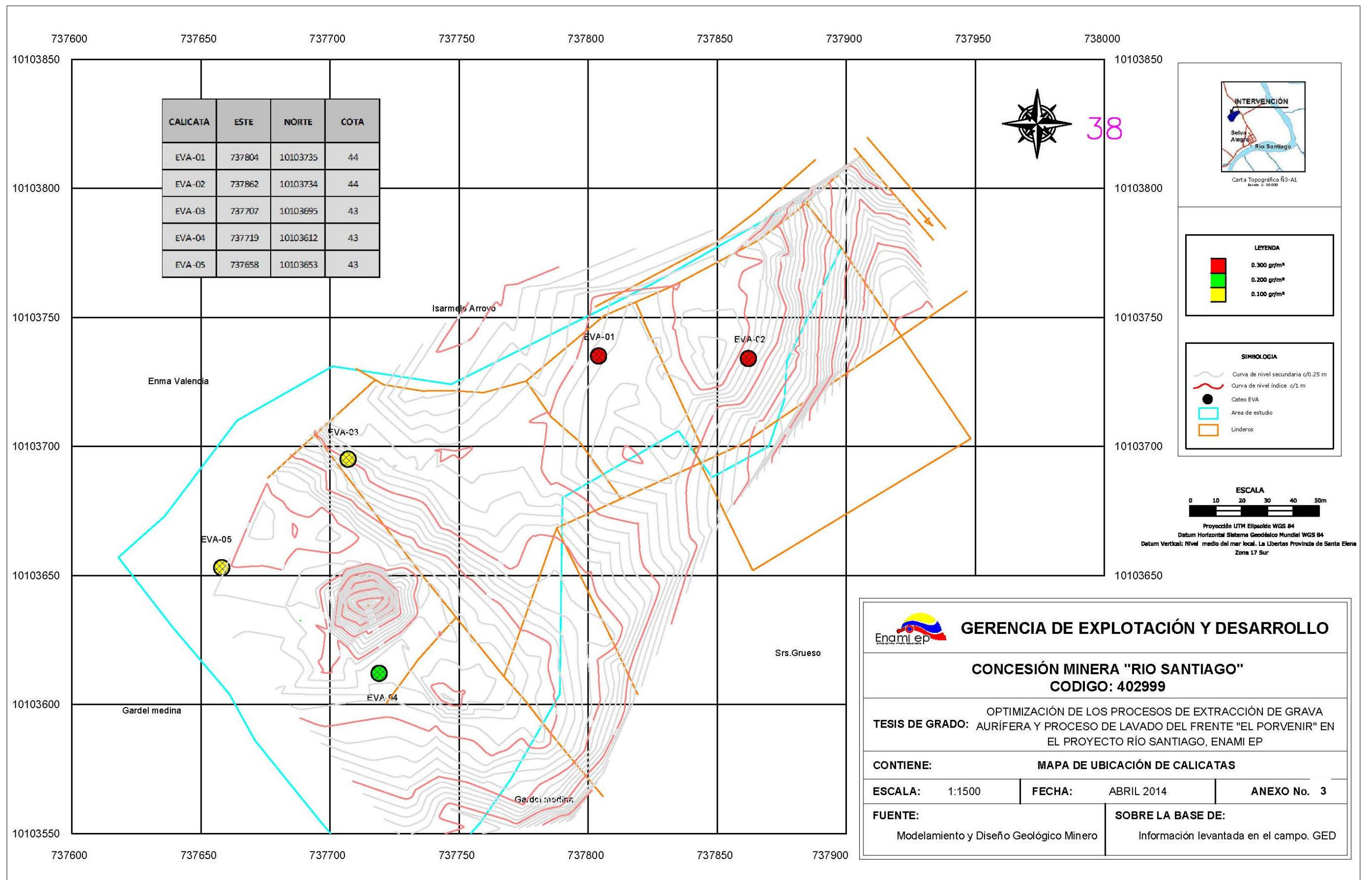
ANEXO No.1: Mapa de ubicación de la concesión Río Santiago



ANEXO No.2: Mapa de ubicación del campamento Selva Alegre



ANEXO No.3: Mapa de ubicación de calicatas durante la fase de Exploración Avanzada



ANEXO No.4: Resultado de Análisis de Laboratorio

Difracción de Rayos X



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA

Resultados de Análisis

Solicitante: Gabriela Lucero

Referencia: ST- 6334

Fecha: 28/06/2013

Muestras recibidas: Una muestra sólida denominada:

Muestra 1: M1-PAI-GGT2-B3VE (Código cliente)

Resultados Análisis por Difracción de Rayos X

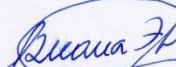
La determinación de los compuestos con cristalización definida presentes en las muestras se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y el programa Diffrac plus para cualificación y cuantificación. A continuación se detallan los resultados obtenidos del análisis:

Mineral	Formula	Muestra 1 Contenido (%)
Cuarzo	SiO_2	17
Grupo plagioclasa (albita, andesina, anortita)	$(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})\text{Si}_2\text{O}_8$	40
Muscovita	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	9
Vermiculita	$(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{OH})_4(\text{Al,Si})_8\text{O}_{20} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1
Cordierita	$\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$	2
Clinocloro	$(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	4
Coesita	SiO_2	3
Vaterite	CaCO_3	3
Caolinita	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	18
Grupo zeolita (Mordenita, Clinoptilolita, Heulandita, stilbita)	$\text{X}(\text{YO}_2)_n \cdot m\text{H}_2\text{O}$ Con X: Na, Ca, Ba, Sr, K, Mg, Li Y: Si, Al	3

Nota: El límite de detección del equipo empleado es del 1% para compuestos con cristalización definida.

*La muestra presenta un alto contenido de fases amorfas no cuantificadas por esta técnica de análisis.


 Ing. Marcelo Lozada
 Jefe de Departamento (e)


 Dra. Diana Endara
 Responsable

ANEXO No.5: Resultado de Análisis de Laboratorio
Difracción de Rayos X



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA



Resultado de Análisis

Solicitante : Gabriela Lucero
No. Referencia : ST- 6334
Fecha : 14 - 06 - 2013
Muestras recibidas : Una muestra de mineral
Método de análisis : Ensayo al fuego

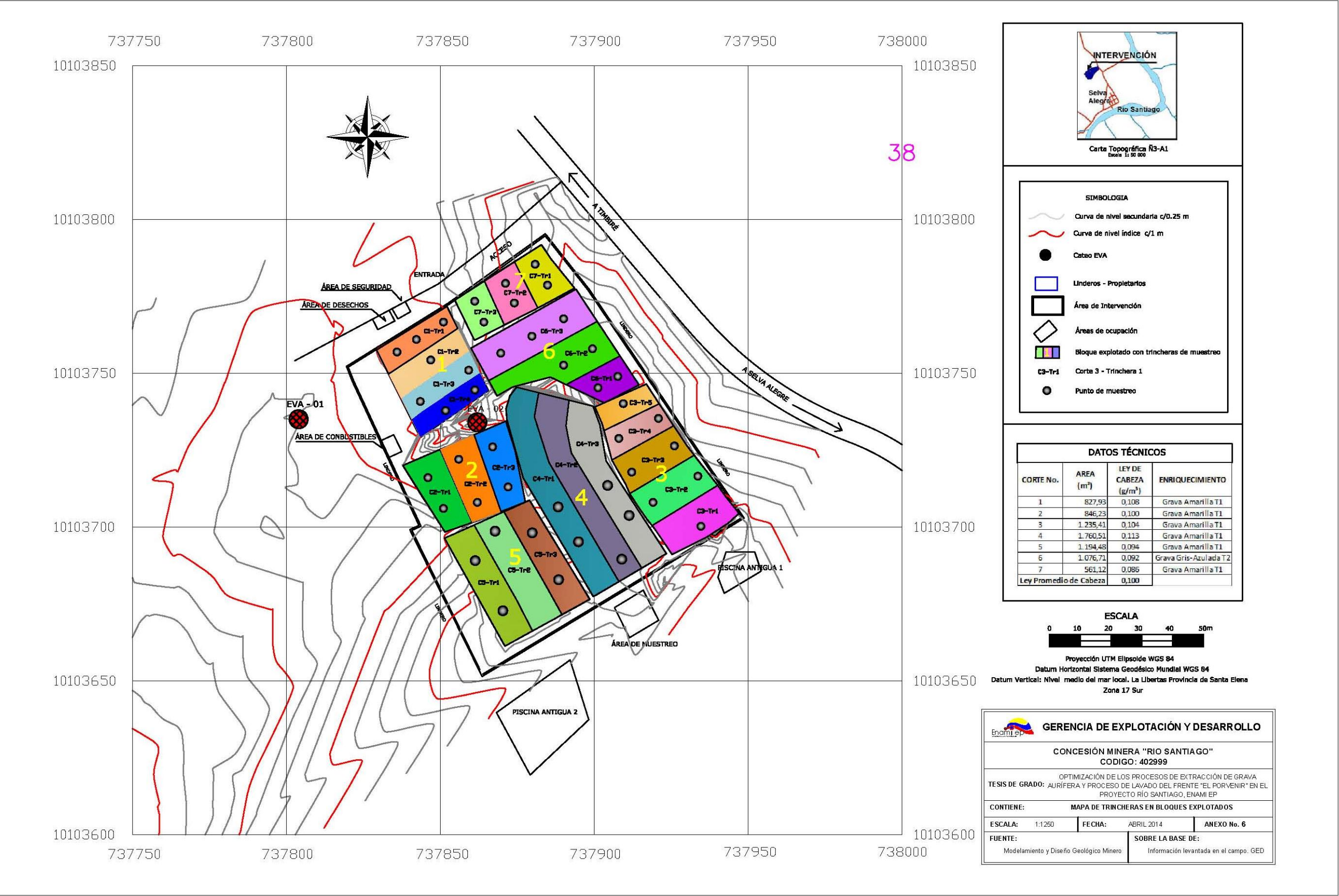
Resultados

Muestra	Oro (g/ton)	Plata (g/ton)	Platino (g/ton)
MI-PAI-GGT2-B3VE	0,01	12,00	0,01

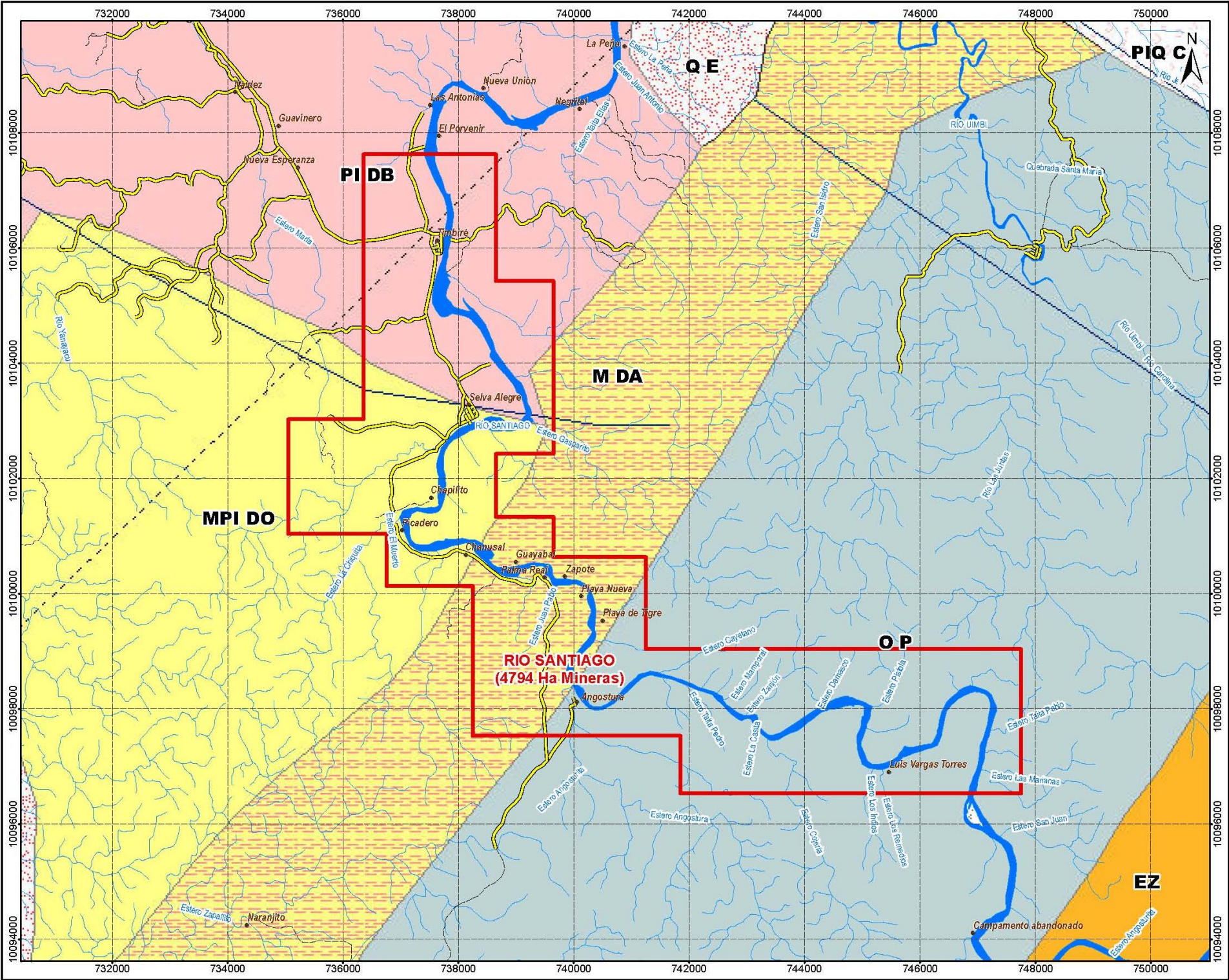


Marcelo Lozada
Jefe de Departamento (E)

ANEXO No.6: Mapa de trincheras en los bloques explotados del frente “El Porvenir”



ANEXO No.7: Mapa de Geología Regional



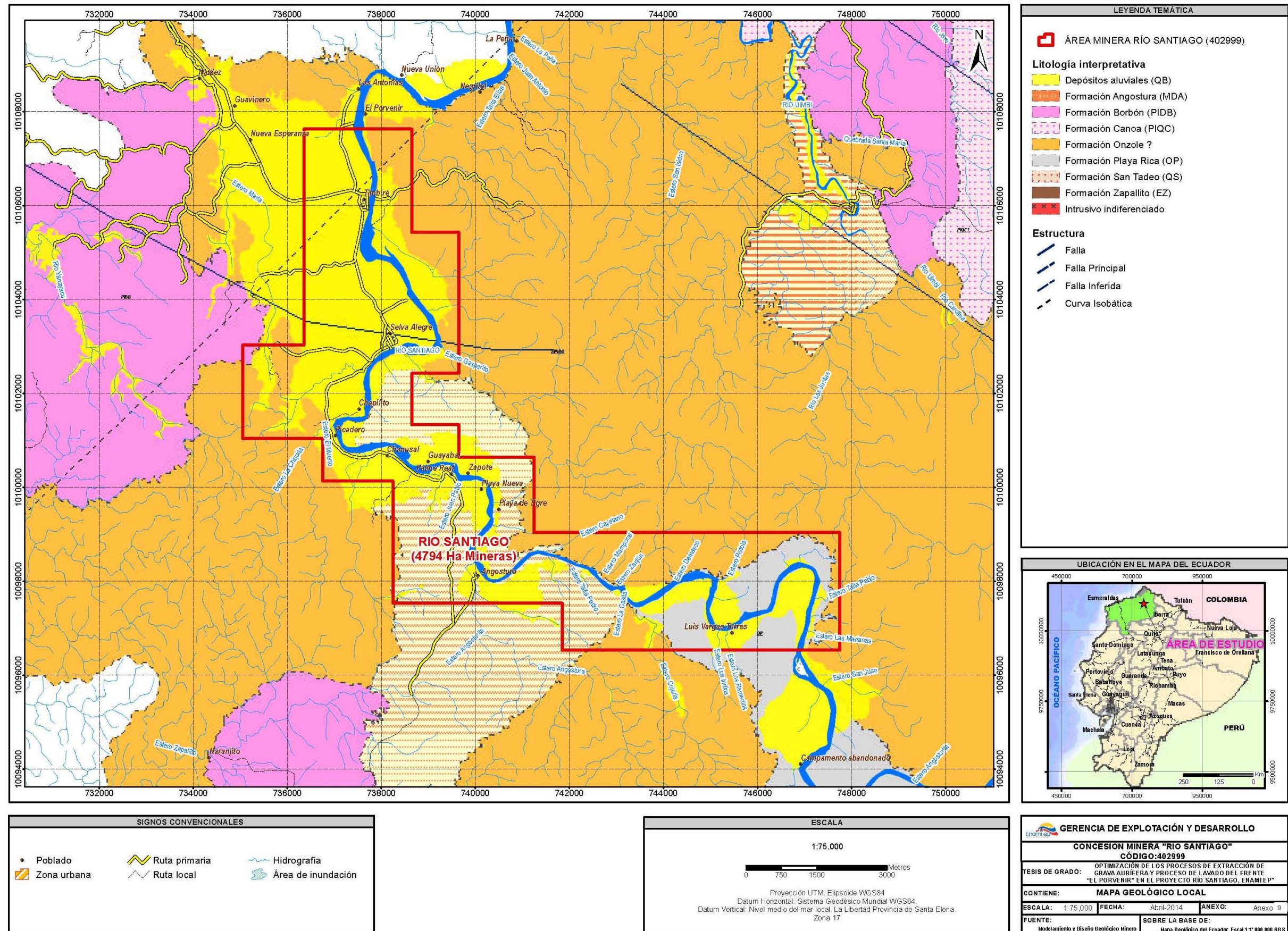
ANEXO No.8: Columna Estratigráfica

Nor-Occidente de Esmeraldas

ERA	PERIODO	EPOCA	PISO	FORMACION	SIMBOLO	LITOLOGIA	FACIES	POTENCIA (m)	DESCRIPCION
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		DEP. SUPERF. (ALUVIALES, COLUVIALES Y TERRAZAS)			Fluvio	7	Material conglomerático, arenas, gravas, guijeros
				DEPOSITOS MARINOS LITORALES	Qm		Marino	4	Depósitos sub-litorales de sedimentos actuales y sub-actuales
		PLEISTOCENO		RICAURTE	QR		CONTINENTAL	100	Conglomerado con chert de lava básica, escoria volcánica. Trazas de Qz, F, FeO, Chert
				SANTADEO	QS			100 - 1000	Piedras, conglomerados volcánicos, material lábitico y corrales de todo, caolín.
	NEOGENO	PLIOCENO		PUNTA GORDA (marina)	QPG		MARINOCONTINENTAL	500	Conglomerado con intercalaciones de arcillas
				CACHAVI (detalada)	QCa			500	Conglomerados intercalación arcillas silíceas, areniscas azules, lavas escudricas y ceniza volcánica.
		MIOCENO	SUPERIOR	BORBON	PIDB		SUBLITORAL MARINO	220	Areniscas poco consolidadas tobáceas calcáreas, con abundantes megafósiles. Látex
				PLAYA GRANDE	Mio PG			500	Lutitas, areniscas argilosas y limonitas tobáceas de color gris o gris azulado.
				ONZOLE	MPIDO			550	Limonitas azules, lutitas limosas plateadas, con intercalaciones de ceniza, conglomerado
			MEDIO	ANGOSTURA	M DA		MARINOCONTINENTAL	600	Conglomerado basal cubierto por areniscas, lodolitas y arcillolitas pardas silíceas
				VICHE	Mio Vc			400 - 1000	Conglomerado basal, areniscas y lutitas calcáreas tobáceas de color café con intercalaciones de yeso.
			INFERIOR	PAMBIL	PAMBIL SUP.		MARINOCONTINENTAL	750	Lodolita, lutitas limosas grises con niveles de areniscas, toba con ceniza volcánica
					PAMBIL INF.				
		OLIGOCENO	SUP.	CHUMUNDE	O6 Ch		MARINOCONTINENTAL	400	Lutitas limosas grises toba con ceniza volcánica verdosa
			MED.						
			INF.	PLAYA RICA	OP		MARINOCONTINENTAL	800	Conglomerado Basal, capas alternas de lutitas orgánicas negras y grises foraminíferas
			SUP.	ZAPALLO	EZ		MARINOCONTINENTAL	500 - 1000	Lutitas grises duras interestratificadas con areniscas, limolitas, tobas, yeso, fragmentos de chert
	PALEOGENO	EODCENO	MED.	OSTONES	Enc POs		MARINOCONTINENTAL	40 - 200	Calizas masivas con intercalaciones silíceas y tobáceas
			INF.						
		CRETACICO	SUPERIOR	PIÑON	KP		VOLCANICO-SEDIMENTARIO	>2000	Rocas ígneas básicas, diabases, basalto, aglomerado basáltico, brechas dioríticas
			INFERIOR						

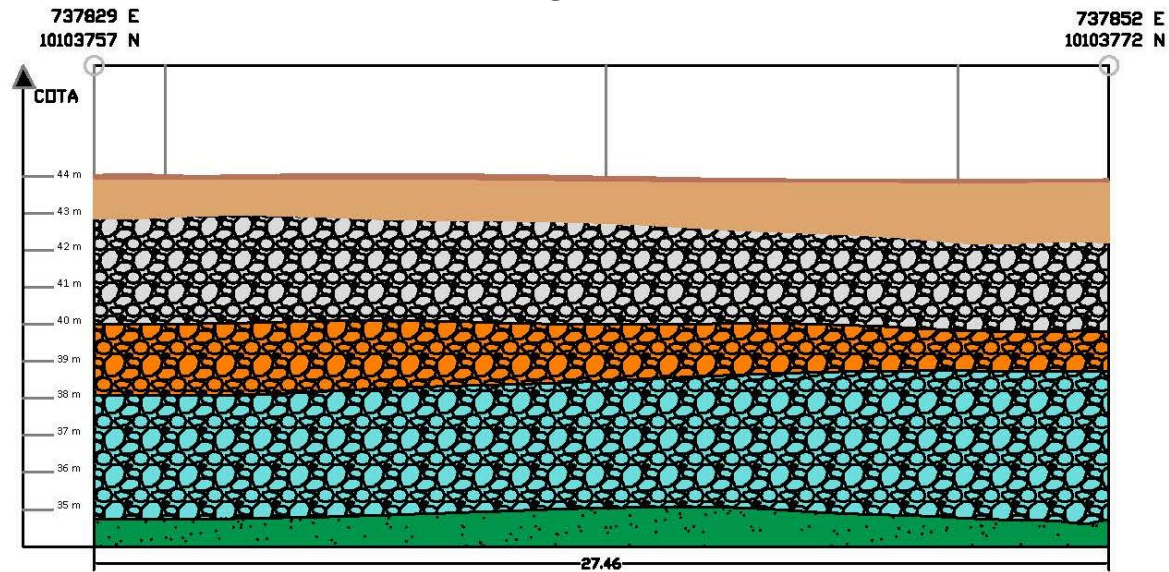
Fuente: "Estudio de Impacto Ambiental Explot y Plan de Manejo Ambiental Proyecto M Inero Río Numbí", Junio 2012

ANEXO No.9: Mapa de Geología Local



ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.1: Perfil Estratigráfico del Corte 1, vista N-NO



LEYENDA

Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre
Sobrecarga		Arcilla plástica, color café claro a oscuro, estéril
Grava 1		Grava gris con matriz arenolimosa, que se acumula hacia el sur-este, presenta aproximadamente 60% de cantos y 40% de matriz. Cantos subredondeados a redondeados de hasta 30 cm de diámetro. Moderada compactación, mal sorteo.
Grava 2		Grava color café rojiza. Matriz limo-arcillosa, presencia de óxidos. Moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados de hasta 60 cm de diámetro. SORTEO MALO.
Grava 3		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, presenta aproximadamente 20% de matriz y 80% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados de hasta 50 cm de diámetro, buen sorteo, compactación moderada.
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

ESCALA

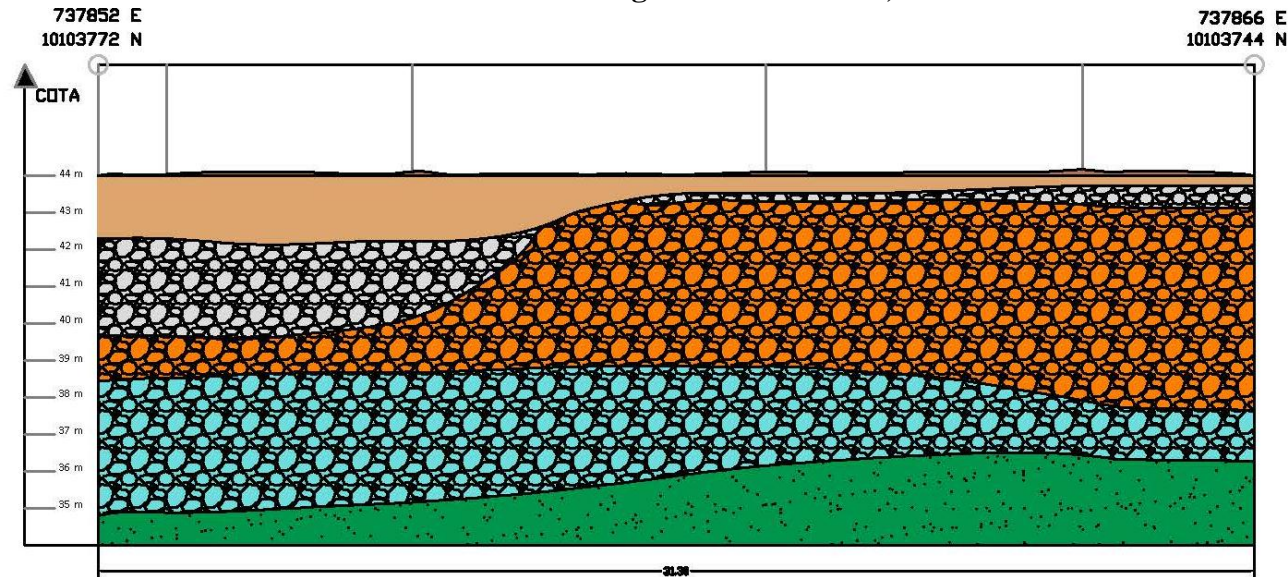


Proyección UTM Elipsoidal WGS 84
Datum Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84
Datum Vertical: Nivel medio del mar local, La Libertad Provincia de Santa Elena,
Zona 17 Sur

GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CODIGO: 402999		
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA TES II DE GRADO: AURIFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTES "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, SAN M. P.		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	AREALO No. 10.1
FUENTE: Modelo 1:1 by Dirección Geológica Minera		SOBRE LA BASE DE: Información levantada en el campo GED

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.2: Perfil Estratigráfico del Corte 1, vista N-E



LEYENDA

Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre.
Sobrecarga		Arcilla plástica, color beige a café oscuro, estéril.
Grava 1		Grava gris con matriz areno-limosa, que se acumula hacia el sur-este, presenta aproximadamente 60% de cantos y 40% de matriz. Cantos subredondeados a redondeados de hasta 30 cm de diámetro. Moderada compactación, mal sorteo.
Grava 2		Grava color anaranjado a marrón. Matriz limo-arcillosa, presencia de óxidos. Moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados. SORTEO MALO.
Grava 3		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, presenta aproximadamente 20% de matriz y 80% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados de hasta 45 cm de diámetro, buen sorteo, compactación moderada.
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

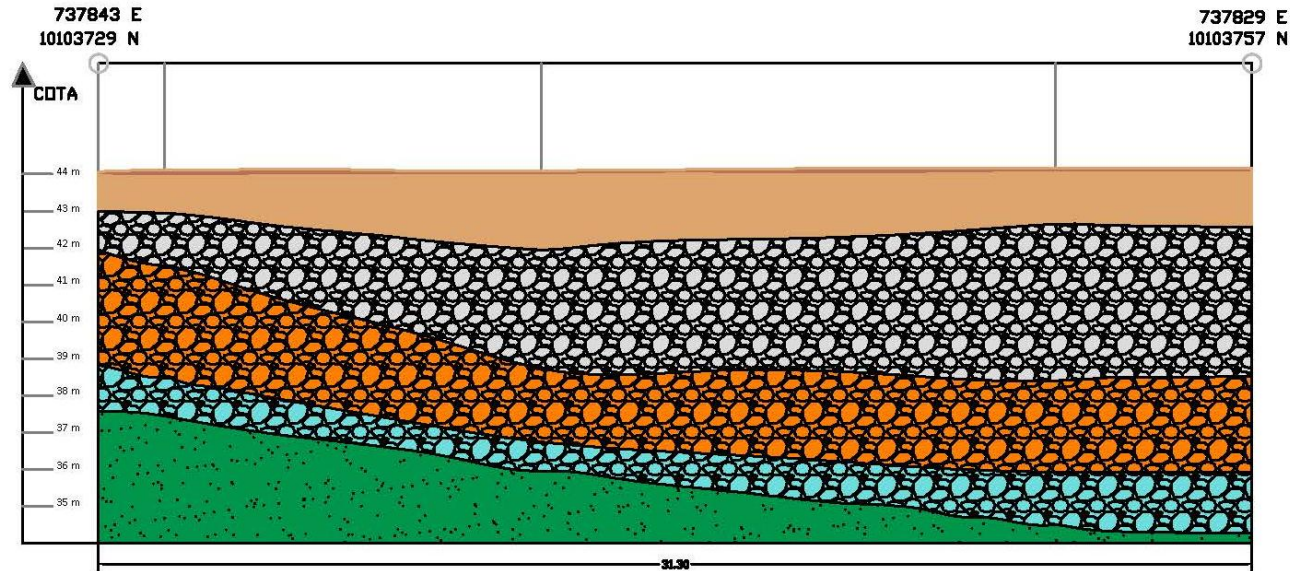
ESCALA



GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CODIGO: 402999		
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA. TESIS DE GRADO: AURIFEROS Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTÉ "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENABIEP		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEXO No. 10.2
FUENTE: Modificado y Dado Geológico Minero		Información levantada en el campo. GED

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.3: Perfil Estratigráfico del Corte 1, vista S-O



LEYENDA

Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre
Sobrecarga		Arcilla plástica, color beige a café oscuro, estéril
Grava 1		Grava gris con matriz arenó-limosa, que se aclufa hacia el sur-este, presenta aproximadamente 60% de cantos y 40% de matriz. Cantos subredondeados a redondeados de hasta 30 cm de diámetro. Moderada compactación, mal sorteo.
Grava 2		Grava color anaranjado a marrón. Matriz limo-arcillosa, presencia de óxidos. Moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados. SORTEO MALO.
Grava 3		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, presenta aproximadamente 20% de matriz y 80% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados de hasta 45 cm de diámetro, buen sorteo, compactación moderada.
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

ESCALA

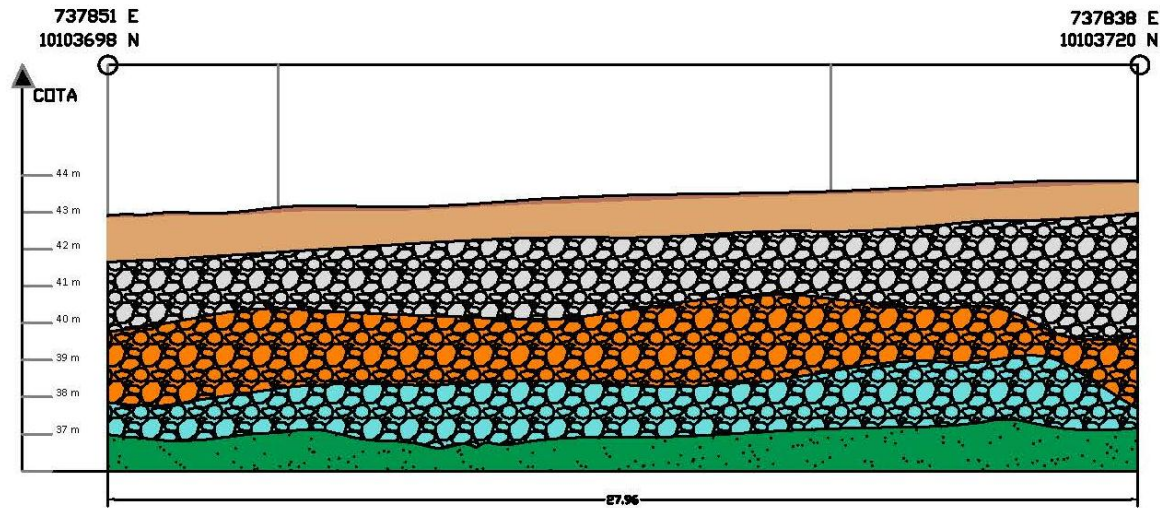
0 1 2 3 4 5 m

Proyección UTM Elipsoidal WGS 84
Datum Horizontal: Sistema Geodésico Mundial WGS 84
Datum Vertical: Nivel medio del mar local. La Libertad, Provincia de Santa Elena.
Zona 17 Sur

GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO			
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CÓDIGO: 402909			
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA TESIS DE GRADO: AURIFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTÉ "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RÍO SANTIAGO, ENAMI EP			
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"			
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEXO No. 10.3	
FUENTE: Modificación y Diseño Geológico Muezo		SOBRE LA BASE DE: Información suministrada en el campo, GED	

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.4: Perfil Estratigráfico del Corte 2, vista S-O



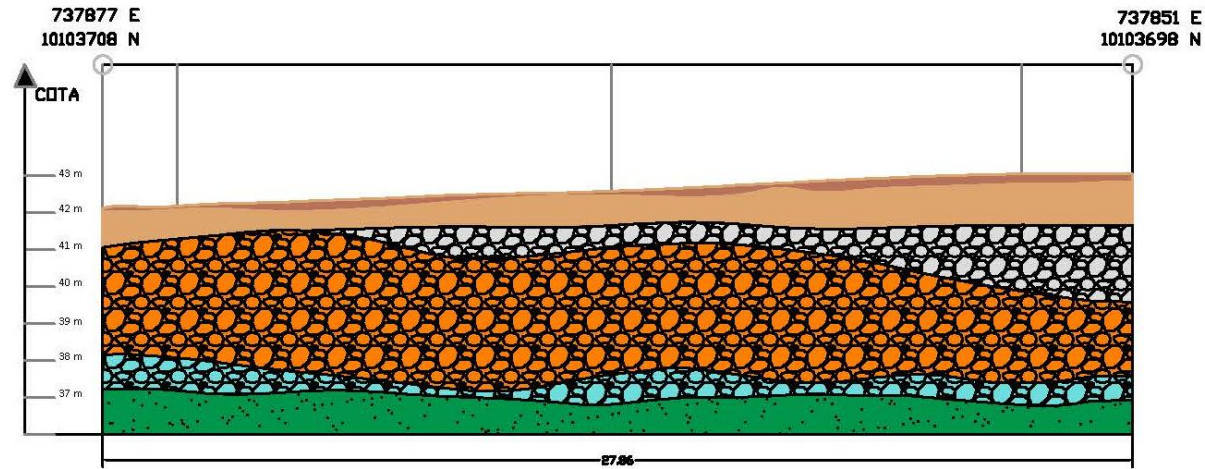
LEYENDA	
Suelo	Parte superficial de la corteza terrestre.
Sobrecarga	Arcilla plástica, color beige a café oscuro, estéril.
Grava 1	Grava gris con matriz arenolimosa, que se acumula hacia el sur-este, presenta aproximadamente 60% de cantos y 40% de matriz. Cantos subredondeados a redondeados de hasta 30 cm de diámetro. Moderada compactación, mal sorteo.
Grava 2	Grava color anaranjado a marrón. Matriz limo-arcillosa, presencia de óxidos. Moderada compactación. SORTEO MALO. Cantos redondeados a subredondeados. 80% de cantos y 20 % de matriz.
Grava 3	Grava gris-verde-azulada, matriz arcillo-limosa, presenta aproximadamente 25% de matriz y 75% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados de hasta 45 cm de diámetro, buen sorteo, compactación moderada.
Bedrock	Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.



GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DE SARROLLO	
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO"	
CODIGO: 482999	
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA.	
TERMINAL DE GRADO: AURIPERU Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTES "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENAMI EP	
CONTIENE:	PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014
ANEXO NO. 10.4	
FUENTE:	SOBRE LA BASE DE:
Modificado y Diseñado por: Geólogo Miroslav	En base a los datos de campo. CED

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.5: Perfil Estratigráfico del Corte 2, vista S-SE



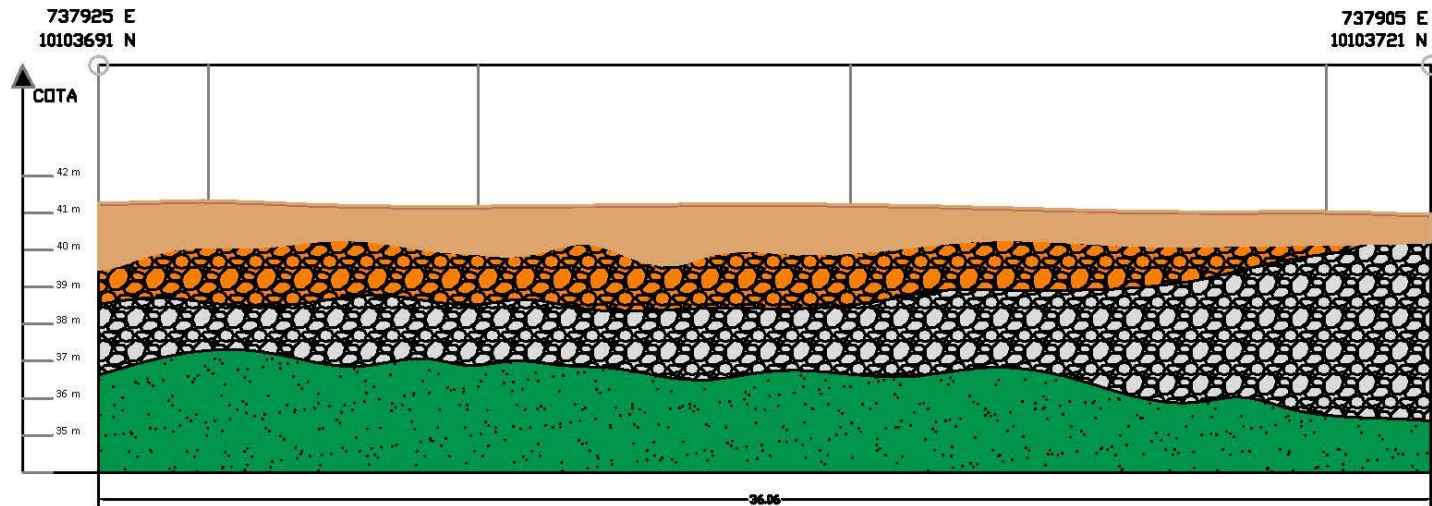
LEYENDA	
Suelo	Parte superficial de la corteza terrestre
Sobrecarga	Arcilla plástica, color beige a café oscuro, estéril
Grava 1	Grava gris con matriz arenolimosa, que se acuña hacia el sur-este, presenta aproximadamente 60% de matriz y 40% de matriz. Cantos subredondeados a redondeados de hasta 30 cm de diámetro. Moderada compactación, mal sorteo
Grava 2	Grava color anaranjado a marrón. Matriz limo-arcillosa, presencia de óxidos. Moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados. SORTEO MALO.
Grava 3	Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, presenta aproximadamente 20% de matriz y 80% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados de hasta 45 cm de diámetro, buen sorteo, compactación moderada
Bedrock	Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.



 GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CÓDIGO: 402999		
TESIS DE GRADO: OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA, AURIFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RD SANTIAGO, ENAM EP		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEJO No. 10.5
PUENTE: Modificación y Diseño Geológico Minero		SOBRE LA BASE DE: Informe de Reconocimiento Geológico

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.6: Perfil Estratigráfico del Corte 3, vista S-O



LEYENDA	
Suelo	Parte superficial de la corteza terrestre
Sobrecarga	Arcilla limosa plástica, color café claro a oscuro. Estéril
Grava 1	Grava color café gris. Matriz limo-arcillosa, con presencia de óxidos. Matriz 20% y 80% de cantos con moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados de hasta 20 cm de diámetro. Sorteo malo.
Grava 2	Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, con aproximadamente 20% de matriz y 80% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados, buen sorteo, compactación moderada
Bedrock	Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

ESCALA

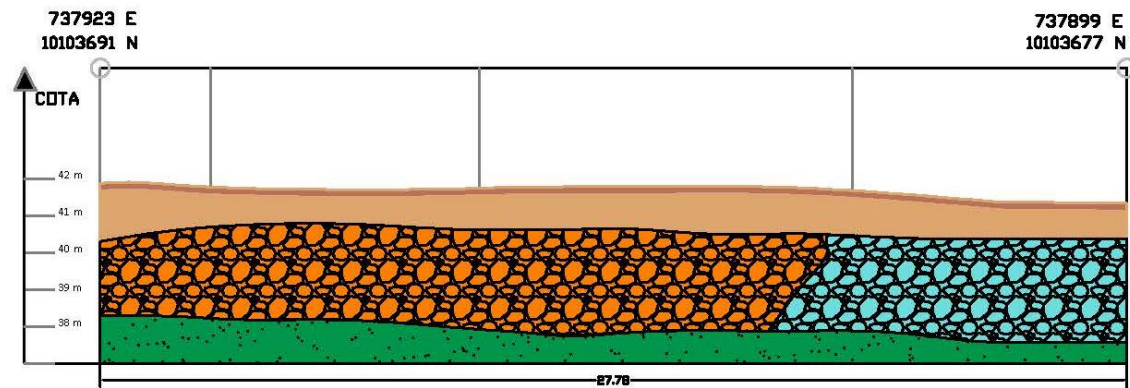
0 1 2 3 4 5m

Proyección UTM Elipsoidal WGS 84
Datum Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84
Datum Vertical: Nivel medio del mar local. La Libertad Provincia de Santa Elena.
Zona 17 Sur

GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO	
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO"	
CODIGO: 402899	
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA	
TESIS DE GRADO: AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENAMI SP	
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"	
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014
FUENTE: Modificado y Delineo Geológico Minero	SOBRE LA BASE DE: Información suministrada al campo, GED

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.7: Perfil Estratigráfico del Corte 4, vista S-E



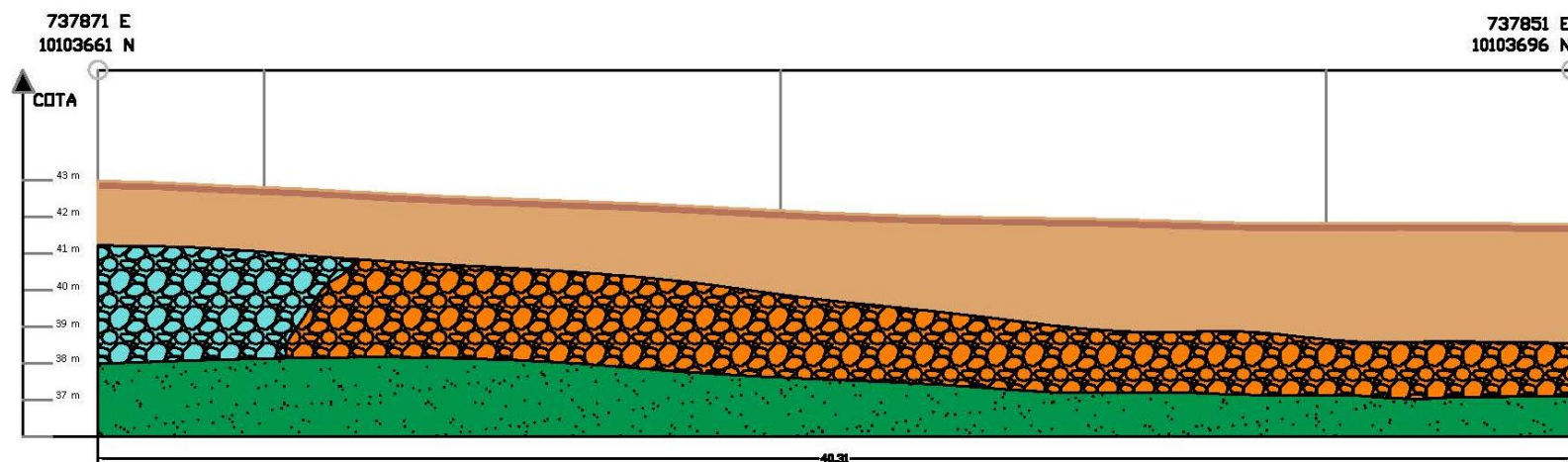
LEYENDA		
Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre.
Sobrecarga		Arcilla limosa plástica, color café claro a oscuro. Estéril.
Grava 1		Grava color café rogiza. Matriz limo-arcillosa, con presencia de óxidos. Matriz 20% y 80% de cantos con moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados de hasta 23 cm de diámetro. Sorteo malo.
Grava 2		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, con aproximadamente 20% de matriz y 80% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados, buen sorteo, compactación moderada.
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.



GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CODIGO: 402999		
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA TESIS DE GRADO: AURIFERÍA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTE "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENAMIER		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEXO No. 10.7
FUENTE: Mapa del Instituto Geológico y Geográfico Militar	SOBRE LA BASE DE: la información levantada en el campo. GED	

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.8: Perfil Estratigráfico del Corte 5, vista S-O



LEYENDA

Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre
Sobrecarga		Arcilla limosa plastica, color café claro a oscuro. Estéril
Grava 1		Grava color café rojiza. Matriz limo-arcillosa, con presencia de óxidos. Matriz 20% y 80% de cantos con moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados de hasta 23 cm de diámetro. Sorteo malo.
Grava 2		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, con aproximadamente 25% de matriz y 75% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados, buen sorteo, compactación moderada
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos; en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

ESCALA

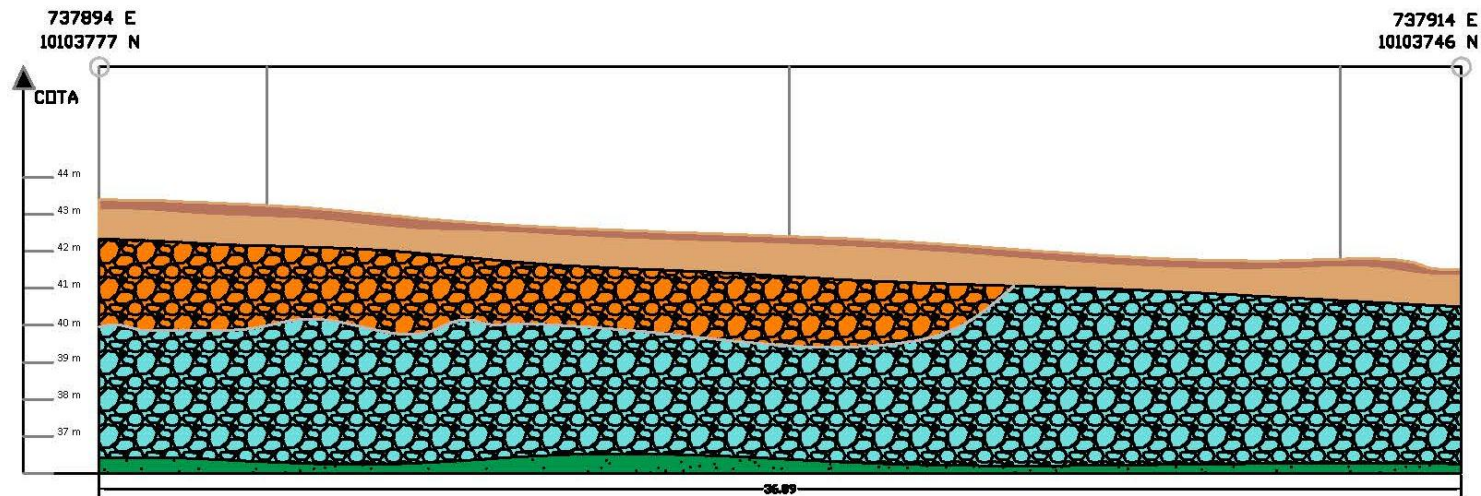
0 1 2 3 4 5 m

Proyección UTM Elipsoidal WGS 84
Datum Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84
Datum Vertical: Nivel medio del mar local, La Libertad Provincia de Santa Elena.
Zona 17 Sur

GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CÓDIGO: 402998		
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA TERMINAL DE GRADO: AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTÉ "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENAMUPE		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRÁFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEXO No. 10.8
FUENTE: Modelo en sitio y Dirección Geológica Minero	SOBRE LA BASE DE: Información levantada en el campo, GEO	

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.9: Perfil Estratigráfico del Corte 6, vista N-E



LEYENDA		
Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre.
Sobrecarga		Arcilla limosa plástica, color café claro a oscuro. Estéril.
Grava 1		Grava color café rojiza. Matriz limo-arcillosa, con presencia de óxidos. Matriz 20% y 80% de cantos con moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados de hasta 23 cm de diámetro. Sorteo malo.
Grava 2		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, con aproximadamente 25% de matriz y 75% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados, buen sorteo, compactación moderada.
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

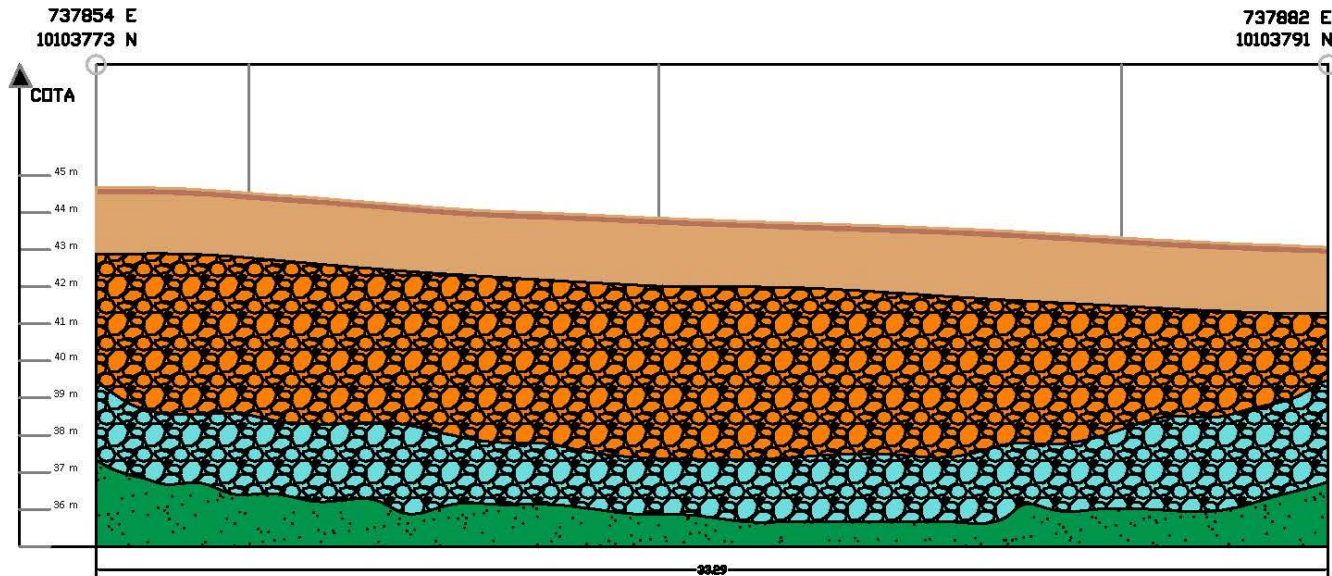
ESCALA

 Proyección UTM Elipsoidal WGS 84
 Datum Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84
 Datum Vertical: Nivel medio del mar local, La Libertad, Provincia de Santa Elena.
 Zona 17 Sur

 GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CODIGO: 402999		
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA TESIS DE GRADO: AURÍFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTÉ "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENAHU EP.		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEXO No. 10.9
FUENTE: Modelado y Diseño Geológico Minero	SOBRE LA BASE DE: Informes de campo y el campo GEO	

ANEXO No.10: Perfiles Estratigráficos de los bloques minados en el frente “El Porvenir”

Anexo 10.10: Perfil Estratigráfico del Corte 7, vista N-O









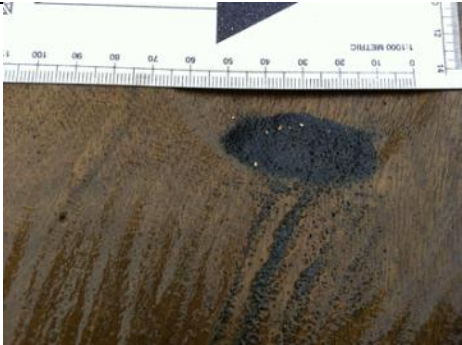

LEYENDA		
Suelo		Parte superficial de la corteza terrestre
Sobrecarga		Arcilla limosa plástica, color café claro a oscuro. Estéril
Grava 1		Grava color café rojiza. Matriz limo-arcillosa, con presencia de óxidos. Matriz 20% y 80% de cantos con moderada compactación. Cantos redondeados a subredondeados de hasta 30 cm de diámetro. Sorteo malo.
Grava 2		Grava gris verde-azulada, matriz arcillo-limosa, con aproximadamente 25% de matriz y 75% de cantos. Cantos rodados subredondeados a redondeados, buen sorteo, compactación moderada
Bedrock		Arenisca en matriz arcillo-limosa de color verde-azulada, con fósiles marinos, en áreas fracturadas contiene óxidos de hierro y esporádicamente pirita.

ESCALA

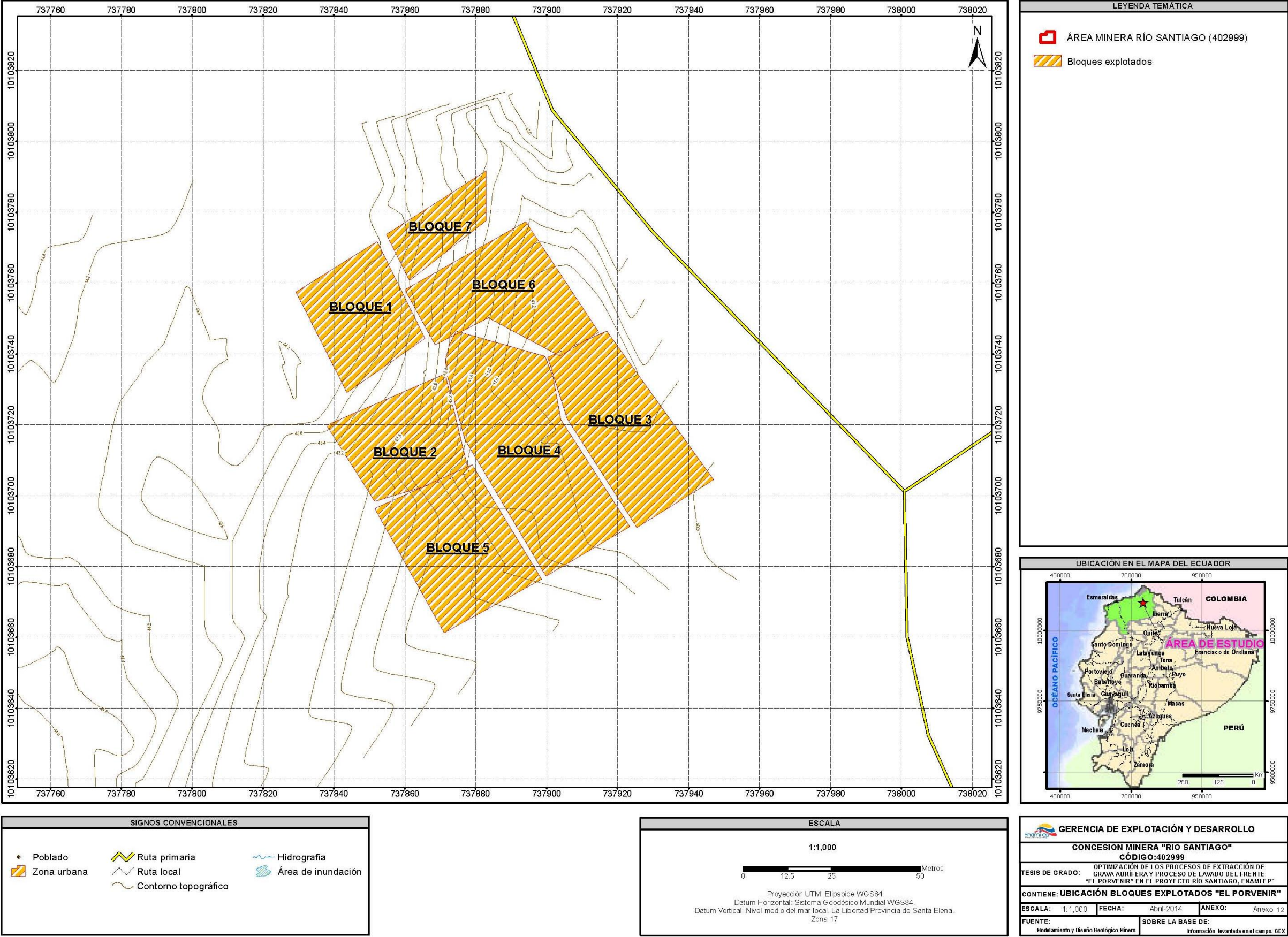
Proyección UTM Etapas de WGS 84
Datum Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84
Datum Vertical: Nivel medio del mar local, La Libertad Provincia de Santa Elena.
Zona 17 Sur

GERENCIA DE EXPLOTACIÓN Y DESARROLLO		
CONCESIÓN MINERA "RIO SANTIAGO" CODIGO: 402999		
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE GRAVA: TES II DE GRADO: AURIFERA Y PROCESO DE LAVADO DEL FRENTÉ "EL PORVENIR" EN EL PROYECTO RIO SANTIAGO, ENAMIP		
CONTIENE: PERFIL ESTRATIGRAFICO "EL PORVENIR"		
ESCALA: 1:5	FECHA: ABRIL 2014	ANEXO No. 10.10
FUENTE: Modelo 3D y Dato Geológico Minero	SOBRE LA BASE DE INFORMACIÓN suministrada en el campo, O ED	

ANEXO No.11: Proceso de Exploración Avanzada

 <p><i>Ingreso al área de trabajo</i></p>	 <p><i>Delimitación y remoción de sobrecarga</i></p>
 <p><i>Muestreo del primer metro cúbico de grava</i></p>	 <p><i>Grava aurífera en la calicata EVA</i></p>
 <p><i>Llegando al bedrock</i></p>	 <p><i>Lavado de muestras en Jig</i></p>
 <p><i>Concentrados con chispas auríferas</i></p>	 <p><i>Área intervenida, remediada</i></p>

ANEXO No.12: Mapa de ubicación de los bloques explotados en “El Porvenir”



ANEXO No.13: Ficha Técnica de la Planta de Lavado MPP 100



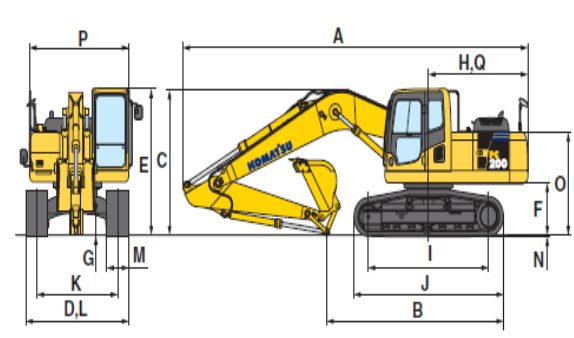









 FICHA TECNICA PARA PLANTAS DE CONCENTRACION GRAVIMETRICA		 Enami								
PROYECTO: RÍO SANTIAGO				FECHA: 08/04/2014						
MODULO	MARCA	MODELO	SERIE	COMPONENTES	HORAS					
MAQUINA	Oro Industries	MPP	100	Tolva vibratoria, criba vibratoria, centrifugadores, chasis, panel de control	850					
MOTOR	CATERPILLAR	C4.4	I-4							
CARACTERISTICAS										
				MOTOR						
				POTENCIA	60	HP				
				CILINDRAJE	4,4	L				
				CARRERA	127	mm				
				DIAMETRO	105	mm				
				SISTEMA HIDRAULICO - BOMBA						
				PRESION	7250	kpa				
				DIMENSIONES						
				CAPACIDAD DE LUBRICANTES		TIPO DE COMBUSTIBLE		ALTURA TOTAL	3500	mm
				CODIGO ACEITES / LUBRICANTES		LONGITUD TOTAL MAQUINA		7000	mm	
TANQUE DE COMBUSTIBLE	25 gal	DIESEL		L. CENTRIFUGO (LOWG)	3180	mm				
REFRIGERANTE	2 gal	MOTOR 15W40		DI. CENTRIFUGO (LOW-G)	1016	mm				
TANQUE HIDRAULICO	35 gal	HIDRAULICO RANDOM 68		ANCHO DE TOLVA (máx)	217	mm				
MOTOR	3,5 gal	TRANSMISIÓN w90		LONGITUD DE TOLVA (máx)	435	mm				
SISTEMA DE VIBRACION	0,5 gal	COMPONENTES DE CHASIS		CAPACIDAD DEL CENTRIFUGADOR						
SUSPENSIÓN	con ballestas (paquetes)	DIAMETRO	40	pulg	CONSUMO DE AGUA	135	m³/h			
EJES	tres ejes rígidos	PRODUCCION	25	m³/HORA	POTENCIA	10	HP			
REMOLQUE	automático	OBSERVACIONES								
ELEVADORES	manuales de 0,5 ton	Mantener el flujo de agua continuo, antes y durante el lavado								

ANEXO No.14: Ficha Técnica de la Planta ALASKA 100

		FICHA TECNICA PARA PLANTAS DE CONCENTRACION GRAVIMETRICA					
PROYECTO: RÍO SANTIAGO				FECHA: 08/04/2014			
MODULO	MARCA	MODELO	SERIE	COMPONENTES			
MAQUINA	-	ALASKA	100	TOLVA VIBRATORIA, CRIBA VIBRATORIA, TRAMPA DE GRUESOS, TROMMEL			
CARACTERISTICAS							
			 TOLVA VIBRATORIA				
			CAPACIDAD	4	m ³		
			MOTOR	10	HP		
			POLEA	8	pulg		
			ESPIRALES HELICOIDALES	8	unidades		
			DUCHAS SUPERIORES	6	unidades		
			 CRIBA VIBRATORIA				
			CAPACIDAD	4,5	m ³		
			MOTOR	10	HP		
			POLEA	8	pulg		
			ESPIRALES HELICOIDALES	8	unidades		
			DUCHAS SUPERIORES	5	unidades		
			 TROMMEL			Parrilla con varillas de 1" con separación de 1"	
			LARGO TOTAL	4,8	m	TRAMPA DE ORO GRUESO: 1,5m x 1,5m (largo x ancho) incluye rifles, malla expandida y polímero	
			DIÁMETRO	0,9	m		
PRIMER TRAMO:	Cámara de lavado de 2,40 m de longitud con 0,90 m de diámetro y boquete de entrada de 0,60 de diámetro. Internamente tiene 4 batidores de 2,30 m de longitud						
SEGUNDO TRAMO:	Cámara de clasificación contruida en un plancha de espesor 6mm con perforaciones de 0,019m y 1,80 m de longitud						
TERCER TRAMO:	Cámara de descarga de 0,60 m de longitud en plancha de 6mm de espesor						



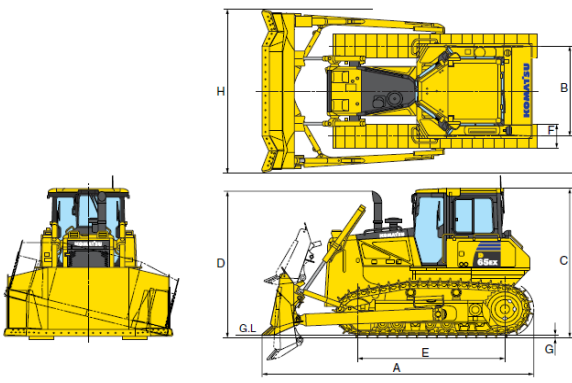








ANEXO No.15: Ficha Técnica de la Excavadora KOMATSU

Modelo Pc 200 Lc-8

 GOBIERNO NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR		FICHA TECNICA DE EXCAVADORAS		 Enami ep <small>Antes por una entidad responsable</small>					
PROYECTO: RÍO SANTIAGO				FECHA: 08/04/2014					
MODULO		MARCA		MODELO					
MAQUINA		KOMATSU		Pc 200 Lc8					
MOTOR		KOMATSU		SAA6D107E-1					
CARACTERISTICAS									
			 MOTOR						
			POTENCIA		155	HP			
			CILINDRAJE		6,69	L			
			CARRERA		124	mm			
			DIAMETRO		107	mm			
			 SISTEMA HIDRAULICO						
			PRESION		5400	psi			
			FLUJO		439	L/min			
			AGUILON		5400	psi			
			BRAZO		470	psi			
 CAPACIDAD DE LUBRICANTES		 TIPO DE COMBUSTIBLE		 DIMENSIONES					
RERFRIGERANTE		5,4 gal	DIESEL		LARGO EN EL SUELO	5000	mm		
TANQUE DE COMBUSTIBLE		105,7 gal	CODIGO ACEITES/LUBRICANTES		ALTURA SOBRE EL AGUILON	2970	mm		
MOTOR		6,1 gal	MOTOR	15W40	ANCHO TOTAL	3080	mm		
MANDOS FINALES C/U		0,9 gal	HIDRAULICO	RANDOM 68	RADIO DE GIRO	2750	mm		
MOTOR DE GIRO		1,7 gal	CONVERTIDOR	SAE 30	LONGITUD TOTAL MAQUINA	9425	mm		
TANQUE HIDRAULICO		37,7 gal	MANDOS FINALES	SAE 90	ALTURA SOBRE LA CABINA	3040	mm		
CODIGO ACEITES / LUBRICANTES			 CAPACIDAD		TROCHA			2380	mm
MOTOR		15W40			ANCHO DE ZAPATA			700	mm
HIDRAULICO		RANDOM 68	CUCHARON	0,8	m³	ANCHO DE CUCHARON	1170	mm	
CONVERTIDOR		SAE 30	PROF. EXCAVACION	6.620	mm	LARGO DE BRAZO	293	mm	
MANDOS FINALES		SAE 90	ALTURA DESCARGA	7.110	mm	ANCHO DE ORUGAS	3080	mm	
 ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN			 TREN DE RODAJE			 TRANSMISION Y FRENO			
CIRCUITO DE IMPLEMENTOS		37,3	Mpa	No. RODILLOS SUPER C/L		2	CONTROL DE DIRECCION		josticks
CIRCUITO DE TRASLADO		37,3	Mpa	No. RODILLOS INFER C/L		9	FUERZA DE BARRA DE TIRO		178 kN
CIRCUITO DE GIRO		28,9	Mpa	No. DE ZAPATAS C/L		49	VELOCIDAD MAX DE TRASLADO		5,5 km/h
CIRCUITO PILOTO		3,2	Mpa	TEMPLADOR ORUGA: hidráulico			FRENO DE SERVICIO		traba hidráulica

ANEXO No.16: Ficha Técnica del Tractor KOMATSU

Modelo D65 – EX

 <small>GOBIERNO NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR</small>		FICHA TECNICA DEL TRACTOR		 <small>Enami</small> <small>Unidos por una minería responsable</small>			
PROYECTO: RÍO SANTIAGO			FECHA: 08/04/2014				
MODULO		MARCA		MODELO			
MAQUINA		KOMATSU		D65EX-16			
MOTOR		KOMATSU		SAA6D114E-3			
TRANSMISION		KOMATSU		TORQFLOW			
CARACTERISTICAS							
			MOTOR				
			POTENCIA	205	HP		
			CILINDRAJE	8,27	L		
			CARRERA	135	mm		
			DIAMETRO	114	mm		
			SISTEMA HIDRAULICO				
			PRESION	285	kg/cm2		
			FLUJO	148	l/min		
			CILINDROS GEMELOS	2x85	mm		
			CILINDRO ELEVADOR (RIPPER)	1245	mm		
 CAPACIDAD DE LUBRICANTES		 TIPO DE COMBUSTIBLE		 DIMENSIONES			
RERFRIGERANTE	36 L	DIESEL		LARGO EN EL SUELO	2970 mm		
TANQUE DE COMBUSTIBLE	415 L	 TRANSMISIÓN TORQ		ALTURA SOBRE CABINA	3160 mm		
MOTOR	28 L			ANCHO TOTAL	2050 mm		
MANDOS FINALES C/U	24 L			CONVERTIDOR	3 elementos	RADIO DE GIRO	190 mm
CONVERTIDOR	48 L			VELOCIDADES	4	LONGITUD TOTAL MAQUINA	5790 mm
TANQUE HIDRAULICO	55 L	TRANSMICION	discos	ALTURA SOBRE ESCAPE	3085 mm		
 TREN DE RODAJE		 CAPACIDAD		ALTURA LIBRE SOBRE SUELO	65 mm		
SUSPENSIÓN	muelles	EMPUJE	3,89 m ³	ANCHO DE ORUGAS	560 mm		
ANCHO DE ZAPATA	760mm	LONGITUD HOJA	4.010 mm	ANCHO DE ZAPATA	760 mm		
No. DE RODILLOS	8	INCLINACIÓN LATERAL	890 mm	ANCHO DE HOJA	5790 mm		
No. DE ZAPATAS POR LADO	45	RIPPER		LARGO DE UÑAS (RIPPER)	640 mm		
 SISTEMA DE DIRECCIÓN		CODIGO ACEITES / LUBRICANTES					
TIPO	hidrostático hss	MOTOR		15W40			
CONTROL DIRECCIÓN	palanca pccs	HIDRAULICO		RANDOM 68			
FRENOS DE SERVICIO	húmedos de disco	CONVERTIDOR		SAE 30			
RADIO DE GIRO	1,90 m	MANDOS FINALES		SAE 90			

ANEXO No.17: Inventario de materiales y reactivos del Laboratorio de Oro

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	MARCA/TIPO
CONTENEDOR LABORATORIO	Contenedor personalizado de 40 pies, convertido en un completo laboratorio para el procesamiento de concentrados, aquilatar, ensayos al fuego, fundición y vaciado de barras de oro. El laboratorio esta compartido en dos secciones: una sección seca y limpia, ara realizar tareas de laboratorio; y una sección húmeda o sucia, para la fundición, aequilataramiento y procesamiento de concentrados	1	
	• Sección seca o limpia: Incluye instalación de pared enmarcada, puerta de acceso, seguridad de acero; mesón de fórmica negra en forma de L, gabinetes de madera, pared de estanterías, tableros especiales para secado, almacenamiento de pared, piso sellado, luz superior, instalación de plomería y eléctrica.		
	• Sección mojada o sucia: para el procesamiento de concentrados, con el concentrador espiral helicoidal, instalación de pared con puerta de acceso, seguridad de acero, extractor de gases.		
MOBILIARIO DEL LABORATORIO	Mesa para aquilatarmento	1	
	Mesa reforzada	1	
	Mesa de acero para fundición - vaciado	1	
	Estanterías	1	
	Tableros especiales para los moldes de las barras de oro	1	
	Recubrimiento de pared	GLOBAL	
	Piso sellado, instalación de plomería y eléctrica, con paneles de breaker	GLOBAL	
COMPONENTES DEL LABORATORIO	Aire acondicionado, ventanas de seguridad con seguridad de acero externa	1	
	Contrador Espiral Helicoidal: capacidad: 1 t/h, motor eléctrico de ½HP	1	motor BALDOR
IMPLEMENTOS			
EQUIPO DE ENSAYO AL FUEGO	Premezclado de fundición FLUX (lb)	24	Legend Inc.
	Crisoles de 30 gramos	2	Legend Inc.
	Copeta para ceniza	20	Legend Inc.
	Moldes cónicos de colado de fundición	6	Riggins Idahoe
	Regractarios de piso de 10" x 10"	2	Riggins Idahoe
	Pinza cromada de 19"	1	SM
	Marcadores para crisoles	2	Ceramics LLC
	Homo eléctrico No. 9	1	Vecella kilns
	Homo No. 6 de gas, con quemador y válvula	1	SM
EQUIPO DE FUNDICION	Carbonato de potasio (lb)	25	Legend Inc.
	Fluorita para ensayos (lb)	25	Legend Inc.
	Silice para ensayos (lb)	50	Lane Mt.
	Sosa cáustica (lb)	50	OCI
	Bórax para ensayos (lb)	50	three elephants
	Crisoles de grafito tipo Premium No. 2	2	Robet
	Crisoles de grafito tipo Premium No. 6	2	Robet
	Crisol grande	1	
	Pinza para levantado vertical	1	SM
	Juego de guantes aluminado de 14"	1	Legend Inc.
	Juego de guantes forrados de algodón de 23"	1	
	Delantal aluminizado de 24" por 36"	1	Legend Inc.
	Juego de mangas aluminizado de 18"	1	Legend Inc.
EQUIPO DE FUNDICION Y SEGURIDAD	Juego de protectores de cuero aluminizado	1	Legend Inc.
	Protección para rostro	1	Dobreron
	Respirador 7700	1	North
	Mascarilla 8210 contra polvo (caja)	1	3M
	Juego de guantes de nitrilo (caja)	1	Supreno
	Cemento calcinable (frascos)	4	Action Mining Services
	Juego de pesas de calibración	1	Ohaus
	Balanza digital centesimal OHAUS	1	Ohaus
	Balanza de escala triple	1	Ohaus
	Balanza digital acculab 711	1	Ohaus
	Balanza digital de 50 gramos, milésima	1	Ohaus
	Balanza de piso de 150 libras	1	Conair
	Set de envases de ponderación (3 unidades)	2	MainStays
MOLDES, EQUIPOS DE BALANZA Y ESCALAS	Set de envases para pesaje (12 unidades)	1	SM
	Paletas de aluminio de 14, 5"	2	Tyler
	Tamiz No. 4 de 8"	1	Tyler
	Tamiz No. 16 de 8"	1	Tyler
	Tamiz No. 30 de 8"	1	Tyler
	Tamiz No. 60 de 8"	1	Tyler
	Tamiz No. 100 de 8"	1	Tyler
	Tamiz No. 140 de 8"	1	Tyler
	Tamiz No. 200 de 8"	1	Tyler
	Cubierta de tamices de 8"	1	Tyler
	Bandeja receptora de tamices de 8"	1	Tyler
	Pincel de brocha de limpieza de tamices	1	SM
	Tamiz plástico No. 2 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 4 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 8 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 12 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 20 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 30 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 50 de 14"	1	Miners
	Tamiz plástico No. 100 de 14"	1	Miners
	Molde para barra de oro de 20 onzas	1	Riggins Idahoe
	Molde para barra de oro de 50 onzas	1	Riggins Idahoe
	Molde para barra de oro de 100 onzas	1	Riggins Idahoe
	Recipiente de evaporación de 120 ml.	4	Coors Tek
	Recipiente de evaporación de 250 ml.	2	Coors Tek
	Recipiente de evaporación de 385 ml.	1	Coors Tek
	Recipiente de evaporación de 500 ml.	1	Coors Tek
	Recipiente tipo casero de 60 ml.	1	Coors Tek
	Recipiente tipo casero de 140 ml.	1	Coors Tek
	Recipiente tipo casero de 210 ml.	1	Coors Tek
PORCELANA DE SECADO Y PLATOS DE EVAPORACIÓN	Tambor amalgamador	1	Lortone
	Probeta graduada de 25 ml	1	SM
	Probeta graduada de 100 ml	1	SM
	Probeta graduada de 250 ml	1	SM
	Probeta graduada de 1000 ml	1	SM
	Vaso de 50 ml	1	VWR
	Vaso de 250 ml	2	VWR
	Vaso de 400 ml	2	VWR
	Vaso de 600 ml	2	VWR
	Vaso de 1000 ml	1	VWR
	Vaso Erlenmeyer de 125 ml	2	VWR
	Vaso Erlenmeyer de 250 ml	2	VWR
	Vaso Erlenmeyer de 500 ml	2	VWR
	Reloj de vidrio de 3,5"	1	
BATEAS DE ORO	Set de bateas de prospección	1	Garret
	Bateas tipo Garrett de 15"	4	Garret
	Kit de bateas Garrett	1	Garret
	Batea metálica de 6,5"	1	SM
	Batea metálica de 11"	1	SM
	Batea metálica de 14,5"	1	SM
	Batea metálica de 16"	1	SM
	Bateas de color verde de 16"	2	Gold Saver
PINZAS Y ESPATULAS	Bateas finlandesa color azul	6	Falcon
	Pinza SS modelo 2 A	1	All Spect
	Pinza con mango curvo SS 7 A	1	All Spect
	Pinza curva larga de 6,5"	1	Grobe
	Pinza de punta fina	1	Grobe
	Cucharas	2	SM
	Cucharas y espátulas de 9"	2	SM
	Espátulas, redondas un lado y cuadrada al otro de 8"	2	SM
	Mortero con mango metálico de 5"	1	
	Mortero con mango de porcelana de 6,5"	1	Coors Tek
FRESADO	Martillo de pica de 22 onzas	1	Estwind
	Martillo en cruz	1	Estwind
	Gafas de seguridad	1	SM
	Imán	1	Etiez
OTROS EQUIPOS	Microscopio de 20X	1	SM
	Microscopio 40X	1	SM
	Botellas de lavado de 250 ml	2	SM
	Botellas de lavado de 500 ml	2	SM
	Botella de oro snuffer	1	SM
	Recipiente de 6 libras	1	SM
	Ampollas de vidrio de 25 cc	25	SM
	Paquete de ampollas de 25 cc	25	SM
	Ampollas de 12 cc	25	SM
	Set de embudos plásticos	2	MainStays
	Conjunto de embudos de 1,5" diámetro	4	SM
	Set de cepillos	1	SM
	Set de 2 unidades de cemidores metálicos	1	SM
	Cuchareta metálica grande	1	SM
	Set de recipientes plásticos con tapa roja	4	Rubbermaid
	Recipientes con tapa rosca de 1 gallon	2	MainStays
	Set de recipientes plásticos con tapa de presión	4	MainStays
	Set de recipientes plásticos con tapa de presión azul	4	Sterilite
	Set de reposteros plásticos sin tapa	3	SM
	Bandejas metálicas para secado de muestras de 9x9"	2	MainStays
	Bandejas metálicas para secado de muestras de 12x4"	1	MainStays
	Bandejas metálicas para secado de muestras de 7,5x7,5"	4	MainStays
	Bandeja ovalada metálica para secado de muestras	1	SM
	Set de cucharas de medida	2	SM
	Lupa plástica	1	SM
	Filtro de arena de 75 galones por minuto	1	Hayward
	Bomba de agua de 2" y 1.5 HP	1	Hayward
	Botella plástica de succión	1	SM
	Sartén eléctrico	1	Rival
	Tina para recoger colas	1	SM
	Libro de ensayos al fuego	1	
	Manual de ensayos al fuego	1	
	Manual de fundición de oro	1	

ANEXO No.18: Ficha Técnica del Concentrador Espiral Helicoidal

		FICHA TECNICA PARA PLANTAS DE CONCENTRACION GRAVIMETRICA			
PROYECTO: RÍO SANTIAGO				FECHA: 08/04/2014	
MODULO	MARCA	MODELO	SERIE	COMPONENTES	
MAQUINA	Oro Industries	Concentrador Helicoidal	16"	TOLVA DE ALIMENTACIÓN, SIST. HELICOIDAL REVERSO, DESCARGA SUPERIOR DE CONCENTRADOS E INFERIOR DE COLAS, FLAUTA.	
MOTOR	BALDOR	VL3504	-		
CARACTERISTICAS					
			 MOTOR		
			POTENCIA	½	HP
			TENSIÓN	115	V
			VELOCIDAD	1725	RPM
			 ESPECIFICACIONES		
			VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN	1	m³
			CONSUMO DE AGUA	15 - 20	GPM
			VELOCIDAD DE ROTACIÓN	16	RPM
			INCLINACIÓN	6	°
			 DIMENSIONES		
LARGO	213,36	m			
ANCHO	91,44	m			
ALTO	152,40	m			
OBSERVACIONES					
Mantener el flujo de agua continuo, antes y durante el tratamiento de concentrados					
		Controlar en la zona de descarga de colas la presencia de oro, al ser este caso se debe regular la entrada de agua por medio de la flauta o nivelar la inclinación del concentrador, según el tipo de material presente en el concentrado.			

ANEXO No.19: Valores del precio mensual del oro, durante el periodo

Enero 2010 – Febrero 2014

VARIACIÓN DEL PRECIO DEL ORO	
FECHA 17:00:00	PRECIO (oz troy)
01/01/2010	1096,50
01/02/2010	1103,10
01/03/2010	1115,70
01/04/2010	1120,40
01/05/2010	1177,40
01/06/2010	1223,20
01/07/2010	1208,10
01/08/2010	1182,30
01/09/2010	1246,70
01/10/2010	1318,60
01/11/2010	1356,40
01/12/2010	1391,20
01/01/2011	1415,60
01/02/2011	1340,40
01/03/2011	1429,80
01/04/2011	1428,90
01/05/2011	1549,50
01/06/2011	1539,40
01/07/2011	1486,50
01/08/2011	1619,70
01/09/2011	1827,80
01/10/2011	1628,20
01/11/2011	1719,90
01/12/2011	1743,00
01/01/2012	1560,20
01/02/2012	1746,10
01/03/2012	1721,10
01/04/2012	1668,90
01/05/2012	1659,30
01/06/2012	1626,30
01/07/2012	1593,90
01/08/2012	1601,20
01/09/2012	1690,20
01/10/2012	1778,10
01/11/2012	1712,60
01/12/2012	1719,30
01/01/2013	1678,70
01/02/2013	1667,60
01/03/2013	1576,80
01/04/2013	1602,70
01/05/2013	1453,50
01/06/2013	1394,10
01/07/2013	1257,30
01/08/2013	1305,80
01/09/2013	1390,00
01/10/2013	1290,60
01/11/2013	1315,80
01/12/2013	1245,90
01/01/2014	1221,30
01/02/2014	1244,10
PROMEDIO	1459,79

Fuente: www.kitco.com

ANEXO No. 20 Ficha de Producción del frente de explotación El Porvenir

CUADRO DE PRODUCCION DEL FRENTE "EL PORVENIR"																	
EQUIPOS				PERSONAL				CONCESION				RÍO SANTIAGO					
Planta de Lavado		MPP 100		PERSONAL/TURNO				FRENTE				EL PORVENIR					
Excavadoras		KOMATSU	0025	TURNOS				REPRESENTANTE				Santiago Yépez					
Bomba		KOMATSU	0026	HORA/TURNO				CÓDIGO				8A					
		Presión															

Gabriela Elizabeth Lucero Robles

7-7-2014



Dirección: Av. Manuel Córdova Galarza Km 10 ½, Conj. Ciudad del Sol II, Casa 9.

Teléfono: 0979441286, 2398803

Fecha de nacimiento: 11 de noviembre de 1984

Lugar de nacimiento: Archidona, provincia de Napo

Correo electrónico: g.lucerito@hotmail.com

FORMACIÓN ACADÉMICA

Colegio Fiscomisional “Sánchez y Cifuentes”

1998 -2002

Título de bachiller en Ciencias Físico-Matemáticas

“Universidad Central Del Ecuador”

Septiembre 2006 – Julio 2012

Egresada de la carrera de Ingeniería en Minas

Centro de idiomas de la “UCE”

Inglés 1° nivel julio 2011

Inglés 2° nivel septiembre 2011

EXPERIENCIA PRE- PROFESIONAL

Pasante | CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

Agosto – Septiembre 2009

Pasante | COMPAÑÍA “INDUSTRIAS GUAPÁN” S.A.

Agosto 2010

Pasante | COMPAÑÍA “ELIPE” S.A.

Agosto 2011

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Técnico Coordinador | EMPRESA NACIONAL MINERA ENAMI EP

Octubre 2012 - Actualidad

CAPACITACIONES

- Taller de COMPRAS PÚBLICAS PARA TECNICOS Y ADMINISTRADORES DE CONTRATO, Intelligent Business. Mayo 2014.
- Capacitación de GESTIÓN OPERATIVA DE PROYECTOS MINEROS, UP CONTROL. Marzo 2014.
- Capacitación CARACTERÍSTICAS Y RIESGOS EN EL MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS, UP CONTROL. Diciembre 2013.
- Seminario de ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN, COSTOS DE POSESIÓN Y OPERACIÓN DE MÁQUINAS PARA MOVIMIENTO DE TIERRA, CEDEN – IIASA CAT. Septiembre 2013.
- Seminario de TÉCNICAS AVANZADAS DE TUNELERÍA Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, MAXAM-FIGEMPA. Junio 2012.
- Curso de SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, Niveles Básico e Intermedio. Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas. Marzo 2012.
- Curso de AUTOCAD 2D, Área de Capacitación Informática de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática. Febrero 2012.
- Curso de AUTOCAD 3D, Área de Capacitación Informática de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática. Marzo 2012.
- Curso de PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS CON PROJECT BÁSICO, Área de Capacitación Informática de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática. Febrero 2012.
- Curso de EXCEL BÁSICO, Área de Capacitación Informática de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática. Mayo 2012.
- Curso de Seguridad e Higiene Industrial, FERLAT & CISHT. Octubre 2009.
- Curso sobre “Metamorfismo y Geodinámica de Basamentos Metamórficos”, UCE & Universidad de Bochum-Alemania. Febrero 2010.

OTRAS CAPACIDADES Y COMPETENCIAS

- Certificado en respuesta al más alto puntaje del periodo Marzo-Julio 2011, del 7mo semestre de la Carrera de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental.

Gran capacidad de trabajo y de aprendizaje, organizada, responsable, dedicada, eficiente. Excelente relación humana, creativa y emprendedora.